



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

**MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
ABASTECIMENTO ENXUTO PARA A MONTAGEM DE
ELETRODOMÉSTICOS: UM ESTUDO DE CASO**

JONAS ADRIANO SOARES

FLORIANÓPOLIS, FEVEREIRO DE 2014

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

JONAS ADRIANO SOARES

**MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
ABASTECIMENTO ENXUTO PARA A MONTAGEM DE
ELETRODOMÉSTICOS: UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica da
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do grau
de mestre em Engenharia
Mecânica

Orientadora: Prof. Dr. Abelardo
Alves de Queiroz, Ph.D.

Florianópolis - SC
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Soares, Jonas Adriano

Método de Implantação de Sistema de Abastecimento Enxuto para a
Montagem de Eletrodomésticos: um Estudo de Caso / Jonas Adriano Soares;
orientador, Abelardo Alves de Queiroz – Florianópolis, SC; 2014.

138 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Inclui referências

1. Engenharia Mecânica. 2. Materiais. 3. Abastecimento. 4. Supermercado. 5.
Rota de Abastecimento. De Queiroz, Abelardo Alves. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

**MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE
ABASTECIMENTO ENXUTO PARA A MONTAGEM DE
ELETRODOMÉSTICOS: UM ESTUDO DE CASO**

JONAS ADRIANO SOARES

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de

**MESTRE EM ENGENHARIA
ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA**
sendo aprovada em sua forma final.

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.
Orientador

Prof. Armando Albertazzi Gonçalves Júnior, Dr. Eng.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D. – Presidente

Prof. Carlos Henrique Ahrens, Dr. Eng.

Prof. Adrian Guillermo Ricardo Lucero, Dr. Eng.
(Taktica)

*À Lia, minha esposa, pelo carinho,
paciência e amor.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos ao professor Abelardo Alves de Queiroz por sua paciência, confiança, dedicação e amizade que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha mãe Maria Selma, que através de seu exemplo de vida inspirou-me a ser um indivíduo de caráter e persistente em minhas ações. Sem você nada disso seria possível.

Agradeço ao meu filho Lucas, cuja existência motiva minha busca pelo aperfeiçoamento profissional e pessoal.

Aos amigos e companheiros desta jornada, Maciel e Fabiano. Sem vocês esta caminhada teria sido mais difícil.

À equipe do SFP, Marilaine, Leandro e, em especial ao companheiro de trabalho Jonathas Beber, por terem auxiliado na implantação deste trabalho.

Agradeço em especial à empresa Irmãos Fischer S.A., por demandar o motivo desta pesquisa, viabilizar a minha saída para frequentar as aulas e possibilitar o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores do POSMEC, que através das aulas ministradas contribuíram para o meu desenvolvimento profissional.

“Sempre que há um produto para um cliente, há um fluxo de valor. O desafio é enxergá-lo.”

Mike Rother; Jonh Shook

RESUMO

A implantação de um sistema de abastecimento enxuto apresentará várias vantagens para a empresa, proporcionando um arranjo físico eficiente, porque ele facilita na comunicação das pessoas nas operações, ajuda na movimentação das pessoas e dos materiais, utiliza de forma eficiente o espaço físico, a fim de gerar maior agilidade e eficiência em todo o processo. A presente dissertação teve como objetivo desenvolver um método de projeto e implantação de sistema de abastecimento enxuto para a montagem de bens de consumo duráveis. O método apresentará um sequenciamento formalizado para implementação. Sua estrutura básica foi adaptada da proposta de Harris, R. (2004) para o processo de montagem de eletrodomésticos por fluxo com arranjos de linhas e/ou células apoiadas por supermercado central de peças fabricadas e compradas. Este método de abastecimento enxuto prevê como mecanismo para alimentar eficientemente as células o desenvolvimento de um sistema de abastecimento baseado em rotas de entregas precisas que movimentem todos os materiais na planta. Além disso, pressupõe um sistema puxado por meio de sinais visíveis como o *Kanban* e o contêiner vazio, fundamental para integrar o novo sistema de movimentação de materiais ao sistema de gerenciamento de informações. Esta iniciativa prevista na sistemática assegura que somente peças consumidas pelas linhas de montagem sejam reabastecidas. O estudo de caso mostra como na Empresa em estudo o método foi implantado até chegar a seu estágio atual na substituição das embalagens pelas embalagens do tipo KLT padronizadas, mudança no projeto de Supermercado, estoque no bordo das células, rota de abastecimento, solução de movimentação de materiais, definição dos sistemas de puxada e planejamento para implantação do nivelamento na montagem, que será possível quando o Supermercado estiver funcionando em sua totalidade.

Palavras-chave: Materiais, Abastecimento, Supermercado, Rota de Abastecimento

ABSTRACT

Implementing a lean supply system will have several advantages for the company, providing an efficient physical arrangement, because it facilitates the communication of people in operations, helps in the movement of people and materials efficiently utilizes the physical space in order to generate greater agility and efficiency throughout the process. This work aimed to develop a method of design and implementation of lean supply system for the assembly of consumer durables. The sequencing present a formalized method for implementation. Its basic structure was adapted from the proposed Harris, R. (2004) for the assembly process by streaming appliances with layouts of rows and/or cells supported by central supermarket manufactured and purchased parts. This method provides for supply of lean as a mechanism to efficiently feed the cells develop a supply system based on precise delivery routes that handle all materials in the plant. It also means a pull through visible signs such as Kanban, essential to integrate the new system of materials handling the information management system. This provided the systematic initiative ensures that only consumed by assembly lines parts are replenished. The case study shows how the Company in the study method was implemented to reach its current stage in replacement packaging for packaging of standard type KLT design change Supermarket, stock board in the cells, the supply route, handling solution materials, definition of pull and planning for implementation of the leveling assembly that will be possible when the supermarket is operating systems in their entirety.

Keywords:Materials, Supply, Supermarket, Supply Route.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de armazém de supermercado em um ambiente de montagem sob encomenda	63
Figura 2 – Visão Esquemática do Método Proposto	72
Figura 3 – Esquema de funcionamento da área de reembalagem (repackin)	82
Figura 4 – Mercado de peças compradas com planos inclinados e roletes.....	85
Figura 5 – Fluxo de materiais no supermercado do abastecimento.....	85
Figura 6 – Armazenamento horizontal móvel de carrinhos de abastecimento.....	86
Figura 7 – Área de valor agregado.....	88
Figura 8 – Composição do estoque de materiais no bordo de célula.....	89
Figura 9 – Exemplo de trem logístico.....	92
Figura 10 – Folha de observações de tempo do abastecedor.....	95
Figura 11 – Composição do tempo de ciclo de abastecimento em uma rota acoplada.....	96
Figura 12 – Contêineres não padronizados	106
Figura 13 – Armazenamento de itens empilháveis.....	108
Figura 14 – leiaute da célula de fogão.....	109
Figura 15 – Abastecimento da célula.....	110
Figura 16 – Plano Para Cada Peça(PPCP) na empresa.....	114
Figura 17 – Padronização de armazenamento de contêineres para célula.....	118
Figura 18 – Projeto do supermercado implantado.....	120
Figura 19 – Estoque no bordo de célula.....	121
Figura 20 – Trem logístico.....	124
Figura 21 - <i>Kanban</i> de movimentação.....	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Folha de preenchimento de dados para o PPCP	79
Quadro 2 – Formulário de alteração do PPCP.....	80
Quadro 3 – Classificação dos modelos de contêineres	117
Quadro 4 – Resultados obtidos com a implantação do método.....	130

LISTA DE ABREVIATURAS

AGV – *Automatically Guided Vehicles*

AVA - Área de Valor Acrescentado

BOM – *Bill Of Materials*

CDP – Centro de Distribuição de Peças

CKD – *Completely Knock-Down*

CMM – Consumo Médio Mensal

CONWIP – *Constant work-in-process*

E_{max} - Estoque máximo

ES - Estoque de Segurança

FIFO - *First In First Out*

IQF – Índice de Qualificação de Fornecedores

JIT – *Just in Time*

KLT - *Klein Lagerung und Transport*

L/T – *Lead Time*

LC - Lote de Compras

m² – metro quadrado

MRP – *Manufacturing Resource Planning*

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PDU – Ponto de uso

PEPS – Primeiro que Entra Primeiro que Sai

PMP - Planejamento Mestre da Produção

PPCP – Plano Para Cada Peça

S&OP – *Sales and Operations Planning*

SESMT – Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho

SKU – *Stock Keeping Unit*

SP – São Paulo

T/C – Tempo de Ciclo

TAV – Tempo de Agregação de Valor

TPT – Toda peça todo dia

TR - Tempo de Reposição

WIP – *Work In Process*

LISTA DE TERMOS ESTRANGEIROS

Bill Of Materials – estrutura de produtos. pode ser uma lista de materiais brutos, pré-montados, subcomponentes, componentes ou partes, e a quantidade necessária de cada um para manufaturar um produto por completo

bits – é a menor unidade de informação que pode ser armazenada ou transmitida

commodity – matéria-prima homogênea em estado bruto ou qualquer produto primário mineral ou vegetal

Completely Knock-Down – são conjuntos de partes de automóveis criados geralmente pela fábrica matriz ou pelo seu centro de produção para exportação e posterior montagem dos veículos nos países receptores destes kits, geralmente fábricas menores ou com produção reduzida

First In First Out – método de armazenamento onde os itens são consumidos por ordem de chegada

flat storage - armazenagem horizontal

Flow rack – sistema que mantém as caixas sempre ao alcance. A principal vantagem do *flow rack* é que o produto fica melhor organizado e mais fácil para localizar ou pegar, pois acontece o giro automático do produto e o método FIFO. O conceito é simples e efetivo, o produto é estocado na parte traseira da estrutura e move-se na direção do *picking* na parte frontal de uma prateleira inclinada onde estão montados trilhos com roletes. Quando uma caixa é removida da estação de *picking* a próxima rola até a parte frontal

Front picking – abastecimento de material por fora da célula de produção

Heijunka Box – trata-se de uma caixa de escaninhos indexada por intervalos de tempo, para ordenar visualmente as ordens de produção

in loco – no local

Just in time – sistema de administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora exata

Kaikaku – aplicado sobre as mudanças fundamentais e radicais para um sistema de produção. Representa uma mudança radical, durante um curto período de tempo, de um sistema de produção

Kaizen – significa melhoria contínua, gradual, cujo propósito vai além de aumento da produtividade

Kanban – palavra de origem japonesa que significa registro ou placa visível. É um cartão de sinalização que controla os fluxos de produção ou transportes em uma indústria

Klein Lagerung und Transport – refere-se ao condicionamento e transporte de pequenos componentes

Kit – conjunto

layout – esboço que mostra a distribuição física juntamente com os tamanhos de elementos como texto, gráficos ou figuras em um determinado espaço

lead time – tempo de provisionamento, é o período entre o início de uma atividade, produtiva ou não, e o seu término

Lean – sistema integrado de princípios, técnicas operacionais e ferramentas que levam à incessante busca pela perfeição na criação de valor para o cliente

lean manufacturing – manufatura enxuta, filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios (superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos). Eliminando esses desperdícios, a qualidade melhora e o tempo e custo de produção diminuem

Make-to-Order - processamento sob encomenda

Milk run – consiste no planejamento de entregas, mantido por uma empresa de transporte, onde para cada dia a empresa realiza uma coleta dos componentes de cada fornecedor em quantidades com o objetivo de os entregar no fabricante

Mizusumashi – refere-se a um operador de abastecimento interno, que tem como função de fornecer materiais aos diversos postos de trabalho

part number – número do produto

Picking list – formulário com todas as informações do pedido que segue dentro da caixa de mercadorias

pitch – passo

rack – prateleira

repacking – reembalagem

Setup – tempo decorrido para a troca (ferramenta, programa, equipamento) de um processo em execução até a inicialização do próximo processo

Takt time - tempo de trabalho disponível para produzir / demanda do período

Trimming – linha das cabines

trolley - rebocador elétrico

Work In Process – inventário em processo. São os materiais que já iniciaram e ainda não completaram o processamento, podendo estar em filas, em processamento, em ordens interrompidas ou em reserva, esperando aproveitamento

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	31
1	INTRODUÇÃO	31
1.1	CONTEXTO DA PESQUISA	31
1.2	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	31
1.3	QUESTÃO DA PESQUISA	33
1.4	OBJETIVOS	33
1.4.1	Objetivo Geral	33
1.4.2	Objetivos Específicos	33
1.5	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	34
1.6	METODOLOGIA DA PESQUISA	34
1.6.1	Classificação da Pesquisa	34
1.7	ESTRUTURA DA PESQUISA	36
	CAPÍTULO 2	37
2	REVISÃO DA LITERATURA	37
2.1	MANUFATURA ENXUTA	37
2.1.1	Característica do fluxo enxuto de valor	39
2.1.1.1	Kaizen	42
2.1.1.2	Kaikaku	43
2.2	LOGÍSTICA ENXUTA	43
2.2.1	Movimentação de materiais	44
2.2.2	Métodos de abastecimento de linhas e células	49
2.2.3	Planejamento do fluxo de materiais e informações	54
2.2.4	Supermercado de peças compradas	62
	CAPÍTULO 3	71
3	MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO ENXUTO PARA A MONTAGEM DE ELETROMÉSTICOS: UM ESTUDO DE CASO.....	71
3.1	ANÁLISE DE VIABILIDADE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO PROPOSTO	73
3.2	Definição da forma de abastecimento a ser adotada	73
3.2.1	Abastecimento Periódico	74
3.2.2	Abastecimento Andon	76
3.2.3	Abastecimento Misto	77
3.3	Caracterização do material de abastecimento	77
3.3.1	Cadastramento de todos os materiais (PPCP).....	77
3.3.2	Mantendo as informações do Plano Para Cada Peça (PPCP).....	79

3.4	Definição dos contêineres do abastecimento.....	81
3.4.1	Contêineres do Fornecedor (<i>repackings</i>)	81
3.4.2	Contêineres de Produção	82
3.4.3	Análise de itens por contêineres.....	83
3.5	Projeto do supermercado do abastecimento.....	83
3.5.1	Localização do supermercado do abastecimento.....	83
3.5.2	Cálculo do nível máximo do estoque do supermercado do abastecimento.....	82
3.5.3	Supermercado com plano inclinado	82
3.5.4	Armazenamento horizontal móvel	86
3.5.5	Sistema de endereçamento.....	86
3.6	Rota de Abastecimento	87
3.6.1	Cálculo do estoque no bordo da célula.....	87
3.6.2	Padronização dos corredores	91
3.6.3	Definição dos meios de movimentação de materiais	92
3.6.4	Abastecedor da rota	93
3.6.5	Circuito do abastecedor	93
3.6.5.1	Simulação das tarefas a serem executadas pelo abastecedor.....	71
3.6.5.2	Balanceamento do trabalho padronizado do abastecedor.....	94
3.6.5.3	Elaboração da folha de trabalho padronizado	96
3.7	Definir a comunicação no abastecimento	97
3.7.1	Kanban de movimentação (sinal de puxada)	97
3.8	Programação do abastecimento (nivelamento).....	98
3.8.1	Abastecimento sincronizado	99
3.8.2	Abastecimento por kit	102
	CAPÍTULO 4	103
4	ESTUDO DE CASO	103
4.1	CARACTERÍSTICA DA EMPRESA DO ESTUDO DE CASO	103
4.1.1	Apresentação da Empresa em Estudo	103
4.2	DESCRIÇÃO DO CENÁRIO DO CASO ESTUDADO..	103
4.2.1	Abastecimento no Sistema de Montagem por Linha (Estado anterior)	104
4.2.1.1	Armazenagem	107
4.2.2	Célula de Montagem	108
4.2.2.1	Abastecimento da célula	110
4.2.3	Materiais de Abastecimento	112

4.2.4	Contêineres.....	115
4.2.5	Mudança do Projeto de Supermercado	119
4.2.6	Estoque no Bordo das Células	121
4.2.7	Rota de Abastecimento	122
4.2.8	Solução de Movimentação de Materiais	124
4.2.9	Definição dos Sinais de Puxada	125
4.2.10	Nivelamento na Montagem	126
	CAPÍTULO 5	105
5.	CONCLUSÕES	129
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta um método para implantação de um sistema de movimentação e abastecimento de materiais enxuto, desenvolvido a partir de pesquisa e melhorias em uma empresa do ramo metal mecânico, com atuação no segmento de bens de consumo duráveis.

1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

No segmento industrial de montagem de bens de consumo duráveis, os fabricantes enfrentam desafios com a competição e com a crescente exigência dos clientes com a alta qualidade e baixos preços dos produtos finais. Nesse sentido, uma forma de se manter competitivo nesta economia globalizada é tornar-se mais eficiente (KUMAR *et al.*, 2012). A eficiência também resulta em maior lucratividade e a redução dos custos industriais, alcançado por meio da implantação de sistema enxuto de abastecimento de materiais, que se torna cada vez mais importante na atualidade, principalmente pela excelente relação custo-benefício relacionadas às mudanças necessárias (NEUENFELDT JÚNIOR *et al.*, 2011). Silva *et al.* (2004) destacam que a empresa enxuta deve contemplar um sistema logístico capaz de entregar eficientemente no tempo certo, na quantidade certa e no local certo.

1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Na Empresa objeto do estudo de caso vem sendo implantado sistemas de montagem em células. Em empresas que implantam a manufatura celular, um problema frequentemente revelado com a implementação de células é a ausência de um sistema de movimentação de materiais devidamente estruturado que apoie as células em fluxo contínuo e a produção em pequenos lotes (HARRIS *et al.*, 2004).

Esse estudo identificou que após o recebimento dos materiais dos fornecedores, esses são inspecionados, separados e armazenados. Como

os insumos não geridos de maneira adequada e sem padronização, geram superprodução e outros desperdícios como: excesso de estoques, manuseios desnecessários, falta de materiais, atrasos de entrega, danos aos materiais, ineficiência na ocupação do espaço no depósito, problemas na estocagem dos materiais e falta de acurácia nos inventários.

A implantação de um sistema de abastecimento enxuto apresentará várias vantagens para a empresa, proporcionando um arranjo físico eficiente, porque ele facilita na comunicação das pessoas nas operações, ajuda na movimentação das pessoas e dos materiais, utiliza de forma eficiente o espaço físico, a fim de gerar maior agilidade e eficiência em todo o processo.

Segundo Moura (2005), a movimentação interna de materiais é importante para as organizações, pois oferece as condições materiais necessárias na hora e lugar certos, de modo que elas possam desenvolver suas atividades com eficiência e eficácia. Aponta o autor que os benefícios decorrentes de uma correta implementação de um sistema de movimentação interna de materiais tem-se a minimização de custos, redução de resíduos, sistema logístico eficiente e entrega rápida dos produtos com alta qualidade.

As empresas deste segmento trabalham com mix bem diversificado de produtos, mão de obra intensiva e alta escala de produção. O seu sistema de programação é baseado em um Plano Mestre de Produção (baseado em previsão de vendas) que é realizado mensalmente, o que faz com que atualmente a empresa tenha um elevado estoque de matérias-primas, produtos em elaboração e produtos acabados, mesmo tendo seus recursos industriais compartilhados.

Em ambiente *Lean* de produção, a similaridade entre peças e processos de manufatura é obtida através do reordenamento das operações e agrupamento de peças em famílias (HASSAN, 1995; CHING *et al.*, 1999); práticas *Lean* proporcionam redução no tempo de *setup*, redução do estoque de produtos em processo, redução na taxa de retrabalho, identificando potenciais ganhos na velocidade de produção e confiabilidade na entrega dos produtos (SELIM *et al.*, 1998; KANNAN *et al.*, 1999).

Em ambiente *Lean*, a ferramenta específica para a comunicação de ordens de produção e para a regulação da movimentação de materiais é o *Kanban*, à medida que um processo consome o produto, são enviados sinais via *Kanban* para que as quantidades produzidas sejam repostas.

1.3 QUESTÃO DA PESQUISA

A movimentação interna de materiais é importante para as organizações, haja vista que oferece condições para os materiais estarem disponíveis na hora certa e no lugar certo. Por isso, o funcionamento adequado e a estabilidade das linhas de montagem dependem de um adequado sistema de movimentação interna de materiais.

Nesse sentido, este estudo desenvolveu um método de implantação de sistema de abastecimento e movimentação de materiais em células *Lean*. Sabendo-se que um eficiente funcionamento e a estabilidade de linhas de montagem dependem de um adequado sistema de movimentação interna de materiais, a problemática da presente pesquisa é:

“Como estruturar o processo de abastecimento enxuto para a montagem de bens de consumo duráveis visando o atendimento completo de materiais das linhas e células de montagem?”

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um método de projeto e implantação de sistema de abastecimento enxuto para a montagem de bens de consumo duráveis.

1.4.2 Objetivos Específicos

Analisar os sistemas tradicionais de abastecimento de linhas e células de montagem na literatura e na Empresa do estudo do caso.

Estabelecer normas para a padronização de contêineres, endereçamento de localização de estoques em supermercados, rotas, sinais de puxada e meios de transporte.

Estabelecer normas para a implantação de sistemas de abastecimento na montagem em indústrias fabricantes de bens de consumo duráveis.

Identificar um sistema de movimentação e transporte que seja adequado para a Empresa do estudo de caso.

Definir o planejamento de rotas de abastecimento para a Empresa do estudo de caso.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

As empresas buscam ser competitivas no mercado, e para isto acontecer elas têm que agir com qualidade na realização de seu sistema de abastecimento de materiais para a produção. Se não tiver eficácia nesse processo, a empresa não produz a quantidade adequada para atender à demanda solicitada por seus clientes e perde sua competitividade para atuar no mercado, gerando atrasos na produção e excesso de estoques de produtos nos pontos de uso, ou ainda a falta deles.

Este estudo não tratará do abastecimento externo (fornecedores), sendo estudado o abastecimento interno da empresa para as linhas de montagem, focando apenas montagem do produto.

Não será abordada a movimentação de produto final, somente de matéria-prima – porta a porta.

Este método de implantação de sistema de abastecimento enxuto para a montagem de bens de consumo duráveis tem como enfoque apenas o almoxarifado (supermercado) central e descentralizado.

1.6 METODOLOGIA

1.6.1 Classificação da Pesquisa

Conforme Richardson (2007), a metodologia são as regras estabelecidas para o método científico, a necessidade de observar e formular hipóteses e a elaboração de instrumentos.

Nesse momento, é realizada a classificação da pesquisa, conforme os critérios da metodologia científica:

Quanto à Natureza: em relação à natureza, a pesquisa é considerada aplicada, pois se refere à discussão de problemas, utilizando um referencial teórico de determinada disciplina, e à apresentação de soluções alternativas (ROESCH, 2007);

- Quanto à Abordagem do Problema: sob a ótica da abordagem do problema, a pesquisa é qualitativa, pois concebe uma análise mais profunda em relação ao fenômeno que está sendo estudado, e visa detectar características não observadas por meio de um estudo quantitativo, haja vista da superficialidade deste último (RAUPP *et al.*, 2008);
- Quanto aos Objetivos: quanto aos objetivos, a pesquisa será exploratória, que segundo a abordagem de Cervo *et al.* (2002, p.56) “os assuntos exploratórios não elaboram hipóteses a serem testadas no trabalho, restringindo-se a definir objetivos e buscar maiores informações sobre determinado assunto de estudo”. O estudo exploratório explanará o tema Sistema Toyota de Produção, mas especificamente o sistema de abastecimento e movimentação de materiais *Lean*, apresentando suas características e passos para sua implementação em linhas de montagem para indústria metal mecânica.
- Quanto aos Procedimentos Técnicos: para os procedimentos técnicos, escolheu-se a pesquisa-ação, que é caracterizada pela colaboração e negociação entre especialistas e práticos, integrantes da pesquisa. Com a orientação metodológica da pesquisa-ação, os pesquisadores estão em condição de produzir informações e conhecimentos de uso mais efetivo, o que promoveria condições para ações e transformações de situações dentro da organização (THIOLLENT, 1997).

A coleta de dados foi realizada por meio de visitas à planta fabril, reunião com funcionários envolvidos e acesso a relatórios de desempenho das rotas.

A próxima etapa foi o mapeamento atual e o planejamento do fluxo de materiais, sendo realizada a coleta de dados específicos do processo de abastecimento, principalmente dos tempos e necessidade de realização de cada atividade. Os passos contidos nesta etapa foram baseadas no guia de Harris *et al.* (2004): i) o plano para cada peça (PPCP); ii) avaliar

o mercado de peças compradas; iii) projetar novas rotas de entrega, de acordo com as necessidades de movimentação e recursos.

1.7 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este estudo está estruturado em cinco capítulos, que buscaram responder aos objetivos traçados e apresentar os resultados de maneira coerente. Para isso, foi realizada a seguinte divisão:

- **Capítulo 1** – Introdução: este capítulo abrange o contexto da pesquisa, a problemática e contribuição da pesquisa para a academia, o objetivo geral e objetivos específicos, bem como a metodologia da pesquisa para coleta e análise dos dados e a estrutura da pesquisa.
- **Capítulo 2** – Revisão da Literatura: Esse tópico apresenta a revisão da literatura sobre os conceitos de manufatura enxuta, características do fluxo enxuto de valor, *Kaizen*, *Kaikaku*, logística enxuta, movimentação de materiais, métodos de abastecimento de linhas e células, planejamento do fluxo de materiais e supermercado de peças compradas.
- **Capítulo 3** – Método Proposto: Esse capítulo busca apresentar o método proposto por essa pesquisa voltada à implantação de sistema de abastecimento enxuto para a montagem de bens de consumo duráveis, relatando as etapas e forma de implantação do método.
- **Capítulo 4** – Pesquisa de Campo: Descreve com detalhes a aplicação do método proposto em ambiente de montagem de bens de consumo duráveis, validando-o e coletando informações mais conclusivas.
- **Capítulo 5** – Conclusões: Nesse capítulo são discutidas as considerações finais acerca do estudo de caso, a resposta aos objetivos específicos, principais resultados e a recomendação para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MANUFATURA ENXUTA

Esse o trabalho tem como enfoque principal a movimentação interna de materiais em um ambiente de manufatura enxuta, de forma a eliminar quaisquer desperdícios e elevar a capacidade logística fabril.

Eiiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota, foram quem perceberam que a manufatura em massa não funcionaria no Japão e, então, adotaram uma nova abordagem para a produção, que objetivava a eliminação de desperdícios. Essa meta foi alcançada através de técnicas que resultaram na produção em pequenos lotes, redução de *setup*, redução de estoques, alto foco na qualidade, entre outros enfoques utilizados. Essa nova abordagem passou a ser conhecida como Sistema Toyota de Produção. Apesar do Sistema Toyota de Produção ser muitas vezes entendido como algo novo, muitos de seus princípios são trabalhos pioneiros como Deming e Taylor (WOMACK *et al.*, 1998).

Como a Toyota foi pioneira na implementação de técnicas enxutas, aparentemente outras empresas japonesas deveriam ter sido capazes de aplicar essas técnicas muito mais rapidamente do que a Toyota. Contudo, conforme Womack *et al.* (1998), esse padrão não ocorreu. Na década de 50, as empresas eletrônicas japonesas inventaram independentemente a gerência forte de programas e reduziram o ciclo de produto, essenciais à sua estratégia de ganhar a vida combinando *bits* eletrônicos de *commodity* em pacotes inteligentes e invadindo os mercados com uma variedade de produtos rapidamente renovados.

Lecionam Ritzman *et al.* (2004) que a maioria das pessoas de fora da Toyota encarou o Sistema Toyota de Produção como um conjunto de ferramentas e procedimentos facilmente visíveis durante uma visita à fábrica. Embora sejam importantes para o sucesso do Sistema Toyota de Produção, eles não constituem a chave que dá acesso ao coração do sistema. A maioria das pessoas não percebe que a Toyota criou uma organização de aprendizagem ao longo de 50 anos. Os sistemas de

produção enxuta exigem aperfeiçoamentos constantes para aumentar a eficiência e reduzir as perdas. Nesse sentido, a Toyota criou um sistema que estimula os funcionários a experimentarem em seu ambiente, pesquisando métodos melhores sempre que as coisas davam errado. A Toyota organiza todas as operações como experimentos e ensina aos funcionários em todos os níveis como utilizar o método científico de solução de problemas.

A base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício, conseguido através do *Just in time*. Apontam Silva *et al.* (2004) que em um ambiente de produção enxuta, as entregas são realizadas *Just in time*, com todo o sistema enxuto sujeito à eficiência do sistema logístico em suprir a linha de produção no momento exato. Isso porque qualquer atraso nas entregas pode representar uma paralisação na linha de montagem.

Para Womack *et al.* (1998), foi em meados da década de 90, que a maioria das empresas de produção japonesas e muitos de seus fornecedores de primeira linha estavam totalmente conscientes dos conceitos da abordagem enxuta e a maioria conhecia pelo menos alguns exemplos de implementação.

Além disso, a produção enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção dos produtos, a fim de aumentar a satisfação dos clientes, gerar produtos com menores custos e possibilitar à organização produzir a um preço menor e sem perda da qualidade (MAC'DONALD *et al.*, 2000).

Nesta busca pela eliminação total de desperdícios, busca-se reduzir os custos ao máximo, atentando-se ao foco central de sempre levar em conta o princípio da minimização dos custos, que é o conceito básico do Sistema Toyota de Produção.

No Japão, os técnicos procuraram adaptar tudo o que tinham visto nas indústrias e nos supermercados a uma nova tecnologia de gerenciamento de produção. Estes estudos redundaram em um sistema de administração da produção 'puxada', controlada através de cartões, o chamado *Kanban*.

Dentre outros propósitos, o mais importante no sistema de administração da produção através do *Kanban*, segundo Ching (2001), é o de aumentar a produtividade e reduzir os custos através da eliminação de todos os tipos de funções desnecessárias ao processo produtivo.

O ideal de qualquer processo produtivo é que sejam eliminadas todas as operações que não agreguem valor ao produto final, não existam os chamados ‘tempos mortos’, eliminem-se os estoques intermediários e os de produtos finais ou acabados. Estes procedimentos desembocam em uma enorme redução de custos e um notável aumento da produtividade.

Além disso, o sistema enxuto ou *Lean* aborda outros aspectos de eficiência, como:

- **Melhoria:** a verdadeira melhoria na eficiência surge quando as empresas produzem zero desperdício e elevam a porcentagem de trabalho para 100%. Uma vez que, no Sistema Toyota de Produção se deve produzir apenas a quantidade necessária, a força de trabalho deve ser reduzida para cortar o excesso de capacidade e corresponder à quantidade necessária.
- **Valor:** o *Lean Manufacturing* procura especificar valor a partir da ótica do cliente, alinhar na melhor sequência as atividades que criam valor, e realizar estas atividades sem interrupções sempre que alguém as solicite, de forma cada vez mais eficaz.

A implantação do *Lean* exige disciplina, padronização e rigor na sua implementação, por meio do trabalho padrão para os movimentadores de materiais e a criação de ferramentas operacionais como o Plano para Cada Peça (PPCP) e gerenciais como auditorias periódicas para manutenção e melhoria do sistema (WOMACK *et al.*, 2004).

2.1.1 Característica do fluxo enxuto de valor

A criação e manutenção de uma metodologia sistemática que visa o abastecimento enxuto de materiais é um trabalho cuidadoso que exige, em todos os seus níveis hierárquicos, dedicação e fidelidade dos dados manipulados.

Taiichi Ohno costumava enfatizar que o objetivo do sistema de produção da Toyota era simplesmente reduzir o *lead time* desde a matéria-prima até o cliente. Quanto menor o *lead time*, maior a probabilidade de o fluxo de valor total reagir às demandas reais e não a previsões inexatas. Também aumenta a probabilidade de se detectar defeitos, variações no processo e outros problemas, antes que ocorra um desperdício significativo.

Segundo Rother *et al.* (1999), o fluxo de valor é toda ação que agregue ou não valor, mas que seja necessário para trazer um produto por todos os fluxos necessários a cada produto: o fluxo de produção desde a matéria-prima até o consumidor e o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento. Destacam os autores que o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta necessária na implementação da produção enxuta devido aos seguintes fatores: auxilia na visualização do fluxo como um todo e não apenas dos processos isolados e desconectados; ajuda a identificar os desperdícios e também as fontes desses desperdícios; fornece uma linguagem comum para tratar dos processos; torna as decisões sobre o fluxo visíveis e facilita a discussão de todas as pessoas envolvidas; forma a base de um plano para a implementação enxuta; é a única ferramenta que mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de materiais.

Rother *et al.* (1999) apontam que os mapas de fluxo de valor necessitam algumas informações relevantes para a interpretação da situação atual e futura, tais como:

- tempo de ciclo (T/C): é a frequência com que uma peça ou um produto são realmente completados em um processo, cronometrada como observado. É o intervalo de tempo entre a saída de dois produtos consecutivos em um produto;
- tempo de agregação de valor (TAV): é a somatória dos tempos dos elementos de trabalho que efetivamente transformam o produto de uma maneira que o cliente está disposto a pagar;
- *lead time* (L/T): é o tempo que uma peça leva para mover-se ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor desde o começo (matéria-prima) até o fim (produto acabado).

A situação futura será elaborada a partir da sequência das etapas do mapeamento, segundo Rother *et al.* (1999):

- calcular o *takt time*: é preciso definir o *takt time* do produto em questão a partir da demanda e do tempo disponível para produção, ou seja, o ritmo de produção necessário para atender à demanda. Sua fórmula é:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{tempo de trabalho disponível para produzir}}{\text{demanda do período}}$$
- produzir para supermercado de produtos acabados ou para a expedição: produzir para a expedição implica em um sistema produtivo confiável do início ao fim do processamento. Em alguns casos, como as empresas que atuam na política *Make-to-Order* (processamento sob encomenda), a única alternativa é produzir para a expedição;
- definir locais onde é possível estabelecer um fluxo contínuo de materiais: nesses locais é possível atender à demanda da forma mais eficiente possível, evitando alguns dos principais desperdícios, como superprodução e estoque;
- definir locais onde é necessário instalar sistemas de controle para fluxos puxados: nos locais onde há a produção em lotes e não é possível aplicar o fluxo contínuo é necessário implementar supermercados de materiais. Esses supermercados visam que o processo anterior somente produza o quê, quando e quanto o processo anterior necessita;
- definir o processo puxador: é necessário definir qual o único processo do fluxo que deverá ser programado. É chamado de puxador porque é ele quem dita o ritmo dos demais processos. Este ponto é o último processo onde existe a produção puxada. A partir dele só deve existir transferência de materiais através de fluxo contínuo ou linhas FIFO (*First In First Out*);
- nivelar o volume de produção no processo puxador: para nivelar o mix e o volume de produção normalmente utiliza-se o *heijunka box*. O *heijunka box* é um quadro onde é mostrada a programação do processo puxador. Para cada incremento *pitch* está programado para ser produzido um determinado produto. Um incremento *pitch* é dado pela multiplicação do *takt time* do produto pela qualidade de produtos em uma embalagem;
- desenvolver a habilidade de fazer ‘toda peça todo dia (TPT)’: registra-se o tamanho do lote ou o TPT nas caixas de dados dos processos no mapa do fluxo de valor futuro. Este valor descreve com que frequência um processo produz um

determinado tipo de produto, ou seja, é o intervalo de tempo entre o início da produção de um lote de um tipo de produto e o início da produção do lote do mesmo tipo de produto novamente, depois de fabricar os outros tipos de produtos, fechando o ciclo do mix de produção.

Após o mapeamento da situação futura, deverão ser listadas as ações a serem tomadas para a formação do plano de ação que irá fazer com que a situação futura seja alcançada. Estas ações deverão ser feitas por meio de *Kaizens*.

2.1.1.1 *Kaizen*

Conforme Araújo *et al.* (1997, p.28), “define-se *kaizen* como a melhoria contínua não só de processos, sistemas, rotinas e ambiente, mas também, em especial, de pessoas”.

Kaizen é a melhoria contínua de um fluxo de valor ou de um processo individual, a fim de se agregar mais valor com menos desperdício. Para Rother *et al.* (1999), há dois níveis de *kaizen*:

- *Kaizen* de sistema ou de fluxo, que enfoca no total de valor, dirigido ao gerenciamento;
- *Kaizen* de processo, que enfoca em processos individuais, dirigido a equipes de trabalho e líderes de equipe.

Segundo Martins *et al.* (2006), o *kaizen* foi introduzido na administração a partir de 1986, por Masaaki Imai, e tem sido associado à ideia de melhoria contínua, não só no trabalho como também no lar e na vida social.

Ampliam esse entendimento Slack *et al.* (2002, p.600) que “o melhoramento *kaikaku* pode também ser chamado de Melhoramento Revolucionário, e o melhoramento *Kaizen*, de Melhoramento Contínuo”.

Kaizen, a técnica essencial do Sistema Toyota de Produção, começa com o comportamento. Todas as demais técnicas promovem *Kaizen* pela maximização do número de oportunidades encontradas para aplicá-lo. *Kaizen* é aprendido somente fazendo; as aulas teóricas simplesmente familiarizam as pessoas com as técnicas.

Ao mesmo tempo em que as técnicas de manufatura enxuta são desenvolvidas para eliminar as perdas, também visam desenvolver as pessoas de ação direta, para funcionar de forma autônoma, tanto executando processos, quanto os melhorando.

2.1.1.2 *Kaikaku*

Segundo Picchi (2003), *Kaikaku* nada mais é do que uma melhoria revolucionária do fluxo de valor a fim de rapidamente adicionar valor com menos desperdício. Um exemplo seria movimentar os equipamentos durante um fim de semana de modo que os produtos anteriores fabricados em processos isolados fossem realizados em um fluxo de uma peça só, em uma célula compacta.

O uso da criatividade e boas ideias devem ser estimuladas e incentivadas para atingir resultados de pequenas melhorias (*Kaizen*) e de grandes inovações (*Kaikaku*).

2.2 LOGÍSTICA ENXUTA

A logística *Lean* visa eliminar desperdícios, com a implantação de sistema puxado com reposição nivelada e frequente, em pequenos lotes. Assim, à medida que os produtos são consumidos pelos clientes, é criado um sinal de puxada que informa a quantidade exata de produtos que deverá ser repostos por seus fornecedores.

Conceitua Baudin (2004) que a logística enxuta é a dimensão da manufatura enxuta responsável pela eficiente entrega dos materiais, feita repetidas vezes e em pequenas quantidades, ou seja, o oposto da visão tradicional de grandes entregas em baixa frequência. Baudin (2004) aponta que se pode identificar dois objetivos principais da logística enxuta, que são:

- entregar os materiais ou produtos necessários, quando necessários, na exata quantidade necessária, e adequadamente apresentável;
- executar com eficiência o processo de logística, ou seja, buscando eliminar continuamente os desperdícios.

Na visão de Carrera (2008), identificam-se ganhos alcançados pelas empresas que implantaram a visão enxuta em sua logística, tais como:

- entregas mais rápidas e flexíveis do estoque ao ponto de uso;
- a redução do custo logístico operacional;
- o aumento da produtividade da mão de obra;
- a redução de estoques e consequente aumento do giro de estoque; e
- a liberação de área fabril interna.

A Bosch de Campinas, localizada em São Paulo, empresa fornecedora de autopeças no mundo, alcançou resultados significativos com a diminuição de materiais na linha de montagem e no almoxarifado de aproximadamente dois dias para cerca de duas horas. Com a implantação da logística *Lean*, conseguiu diminuir as paradas nas linhas por falta de material e a diminuição do estoque em 30%. O atendimento às células de produção passou a ser mensurado, mostrando que a eficiência das rotas de abastecimento cresceu de 40% no ano de 2006 para 99% em 2009. Uma das ferramentas da logística *Lean* implementada foi o sistema puxado, o *milk run* com seus fornecedores e trabalho padronizado. O mapeamento do fluxo de valor permitiu uma visão sistêmica, mostrando as dificuldades e os desperdícios na cadeia logística total (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2013).

2.2.1 Movimentação de materiais

Nas indústrias de transformação, ou seja, do beneficiamento ou transformação da matéria-prima, pelo menos um dos três elementos básicos de produção (homem, máquina ou material) deve movimentar-se. Na maioria dos processos industriais, o material é o elemento que se movimenta.

Conforme Martins *et al.* (2006, p.174), “a movimentação interna dos materiais pode assumir custos significativos em face da natureza do processo produtivo”. Também novas formas de estocagem de materiais, tendo em vista sua alta rotatividade, têm levado a sistemas altamente automatizados.

O objetivo primordial do manuseio é a separação das cargas de acordo com as necessidades dos clientes. As três atividades principais do manuseio são o recebimento, o manuseio interno e a separação.

Na visão de Viana (2000), o manuseio dos diversos materiais de um almoxarifado pode ser efetuado:

- manualmente: trata-se do manuseio mais simples e comum, efetuado pelo esforço físico de funcionários;
- por meio de carrinhos manuais: trata-se de manuseio efetuado por meio de carrinhos impulsionados manualmente;
- por meio de empilhadeiras: trata-se de um dos equipamentos mais versáteis para o manuseio de materiais. Não possui limitação de direção, movimentando-se horizontal e verticalmente e podendo ser elétrica ou com motores a gás, diesel ou gasolina, nos quais pode ser adaptada uma série de acessórios que os tornam mais funcionais;
- por meio de paleteiras: trata-se de um tipo de empilhadeira manual, que pode ser mecânica, hidráulica ou elétrica, estando, por conseguinte, limitada a manuseios horizontais;
- por meio de pontes rolantes: trata-se de equipamento constituído de estrutura metálica, sustentada por duas vigas ao longo das quais a ponte rolante se movimenta; entre as duas vigas, sustentado pela estrutura, corre um carrinho com um gancho;
- por meio de guindastes: trata-se de equipamentos utilizados em manuseios, em área externa, de cargas acima de 5 toneladas, equipado com lança e motor a explosão que proporciona o movimento da máquina e a força para acionamento da lança e consequente trabalho;
- por meio de rebocadores elétricos: agiliza a movimentação de cargas, pois os rebocadores são robustos, possuem alto poder de tração, ênfase em ergonomia e facilidade para operações em corredores estreitos. Além disso, o rebocador é o mais recomendado

para a movimentação de itens variados em grandes volumes e lotes. Os rebocadores são utilizados normalmente para o abastecimento de linha de produção, capazes de movimentar um número elevado de peças e componentes;

- esteiras transportadoras: as esteiras transportadoras são largamente utilizadas em operações de recebimento e expedição. É um equipamento básico de muitos sistemas de separação de pedidos. Cargas a granel, tais como carvão, grãos e cereais são melhor manipulados por meio de esteira transportadora;
- transportador de roletes: os transportadores são classificados de acordo com o tipo de acionamento (energia ou gravidade). Nos sistemas movidos à energia, os transportadores têm uma corrente de tração que passa por cima ou por baixo delas. Essa configuração restringe a flexibilidade do sistema. Sistemas operados por gravidade permitem modificações com pouca dificuldade. Transportadores portáteis por gravidade são usados em depósitos para carga e descarga, sendo, algumas vezes, transportados em carretas para auxiliar a descarga da mercadoria em seu destino.

Na escolha dos métodos de movimentação, a empresa deverá focar que a solução conveniente para a maioria dos problemas de movimentação envolve, dentro das condições físicas e de meio ambiente que existam ou que se pretendam, e no sentido de reduzir custos de projeto, uma combinação apropriada de acordo com a característica do material, exigências de movimentos e a capacidade do equipamento.

Discorrem Harris *et al.* (2004) que os objetivos para um sistema *Lean* de movimentação de materiais será fazer fluir os materiais em toda a planta com muito mais precisão e custos menores, dentre eles:

- um processo para descrever com alta precisão como cada peça seria gerenciada, da doca de recebimento até o seu ponto de uso na planta;
- um mercado de peças compradas perto da doca de recebimento para armazenar e controlar as peças necessárias;
- um sistema de entrega preciso para levar as peças até o seu ponto de uso;

- um sistema de sinalização preciso que cada área de produção utilizaria para puxar somente as peças necessárias do mercado de peças compradas.

A empresa Schulz, localizada no município de Joinville, em Santa Catarina, produz compressores, ferramentas pneumáticas e peças para a indústria automotiva, obteve uma série de resultados ao implementar rotas de abastecimento e sinais de puxada entre o almoxarifado e a usinagem, obtendo ganhos como: a disponibilização de área física; a eliminação, tanto de estoque desnecessário dentro da planta como de paradas na produção; garantias no abastecimento; além de mais segurança e ergonomia, padronização nos horários, garantias na utilização do *Kanban* e corredores desobstruídos. Observa-se que as rotas de abastecimento melhoraram o atendimento na entrega de peças brutas para a usinagem automotiva. O sistema anterior era feito com a movimentação de peças por empilhadeiras, o que requeria grande espaço para matéria-prima nas células (com baixo giro), gerando atrasos nas entregas. Com a implementação da movimentação de peças por rotas de abastecimento, feitas com rebocadores elétricos com vagões, e por dois veículos autoguiados, houve a redução da quantidade de matéria-prima nas células, o que proporcionou maior giro, além da eliminação dos atrasos nas entregas e padronização no atendimento às células (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2013).

O estudo realizado por Neuenfeldt Júnior *et al.* (2011) apresentou a implantação do sistema enxuto de movimentação e armazenagem de componentes comprados para a montagem de veículos coletivos em uma das maiores montadoras de veículos automotivos coletivos do Brasil, que possui como foco o desenvolvimento de ônibus para uso urbano e rodoviário, objetivando a implementação do sistema enxuto de movimentação dos materiais comprados, para um setor específico no final do processo de montagem. Os pontos deficientes encontrados foram: necessidade de mais de um almoxarifado, a forma de abastecimento adotada, o estoque alocado na linha de montagem, além de fatores apurados em *in loco* como atrasos de peças na linha de montagem e a forma com que os produtos eram transportados, formatando-se a partir daí uma matriz de situação, motivo e consequência dos problemas detectados. As seguintes ações corretivas implantadas estão baseadas em Womack *et al.* (2004), através do

manual “Fazendo Fluir os Materiais”, que envolve quatro etapas sequenciais de execução: (A) Plano para Cada Peça; (B) Supermercado de Peças Compradas; (C) Rotas de Entregas e Sinais de puxada; (D) Sustentando e Melhorando. A movimentação das peças para a montagem ficou sincronizado de acordo com o período de avanço dos carros da linha de montagem e, a fim de evitar possíveis faltas de peças, cada posto de trabalho na linha de montagem possui três locais para colocação dos *Kits*. Nota-se que já no mês de implantação da movimentação enxuta obteve-se um aumento significativo do total de carros prontos, o que se seguiu durante os meses seguintes. Com a realocação das peças na linha de montagem, houve um ganho de espaço de aproximadamente 20% de área horizontal, possibilitando o rearranjo das linhas a fim de acomodar melhor os postos de trabalho, tanto para a execução das tarefas quanto para aumento da segurança do trabalho e alocação dos *Kits* para as peças compradas.

A Stihl, fabricante de ferramentas motorizadas como motosserras, podadores, roçadeiras, ferramentas multifuncionais, lavadoras de alta pressão e perfuradoras localizada em São Leopoldo, no Estado do Rio Grande do Sul, também conseguiu resultados muito positivos, como o aumento em 25% do giro dos estoques, a diminuição em 71% das paradas de linhas por falta de materiais e a redução em 17% do custo logístico total. A empresa conseguiu isso ao aplicar a logística *Lean* no recebimento e movimentação interna de materiais, por meio do trabalho padronizado e de rotas para o abastecimento das linhas, pela implementação do sistema puxado com fornecedores através do supermercado de peças compradas e o estabelecimento de rotas compartilhadas, com o conceito de *milk run* na logística com seu CDP (Centro de Distribuição de Peças) e com os fornecedores locais. No nível de planejamento, a empresa passou a se orientar pelo tempo *takt*, definido no processo de S&OP (Planejamento de Vendas e Operações), que se tornou o norteador para o planejamento dos 3M: Máquina, Mão de Obra e Materiais (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2013).

2.2.2 Métodos de abastecimento de linhas e células

A cadeia de abastecimento e outros processos de negócio exigem uma nova forma de pensar. Novos processos, investimentos em tecnologia e relacionamento mais estreito com fornecedores fazem com que as empresas estejam acompanhando o mercado e não torne seus produtos ou serviços obsoletos, ganhando vantagem competitiva.

O sistema de abastecimento do supermercado pode ser central ou descentralizado. Na prática tradicional da Toyota, o supermercado se localiza na saída do processo fornecedor, que fornece como benefícios: ajuda a controlar o que e quanto está sendo feito; no processo o cliente retira sua necessidade com regularidade; no processo o fornecedor repõe o que foi retirado; necessita ter espaço para todas as peças. Já em fábricas com muitas peças fabricadas internamente, o supermercado é centralizado, fica próximo do fornecedor na rota para o cliente, aumentando a eficiência por diminuir as distâncias percorridas. Em plantas que só realizam montagens de peças de fornecedores, o supermercado é localizado próximo à área de recebimento.

O estudo de Miranda *et al.* (2010) realizou uma análise da viabilidade de implantação de conceitos de manufatura enxuta na logística de abastecimento interno de uma empresa encarregadora de ônibus, seu parque fabril está localizado na cidade de Botucatu/SP, visando implantar melhorias no processo de abastecimento. Inicialmente foi realizado um estudo quanto ao processo de abastecimento e distribuição de materiais, pois ocorrem muitas mudanças de mercado em seu segmento, o que gera dificuldades no planejamento de estoques, rotatividade de materiais, que causam um alto índice de incerteza. Em um segundo momento foi analisado as operações de movimentação, sendo desenhado um fluxo de valores. Foi desenvolvido um mapa de operações desempenhadas pelos colaboradores da logística na movimentação de materiais, com um esboço do fluxograma de operações da logística através de acompanhamento das atividades das pessoas responsáveis pelo abastecimento. Uma das propostas feitas à empresa foi a implantação de um sistema que administre o fluxo da linha de produção, a fim de manter o controle na movimentação das encomendas no interior da fábrica. Por fim, foi implantado o 5S e as seguintes melhorias: material deve ser acondicionado de forma que possibilite o PEPS (primeiro que entra, primeiro que sai) e devem ser

alocados de acordo com a incidência de movimentação, bem como a utilização do código de barras na movimentação de itens no sistema.

Marodin *et al.* (2012) analisam a logística interna de abastecimento em uma planta industrial, de uma empresa montadora de automóveis, que já utiliza práticas de produção enxuta. A movimentação interna de materiais visava abastecer as áreas citadas com peças, que eram coletadas em um armazém de materiais, externo à montadora. Este armazém contém peças compradas e subconjuntos coletados nas outras áreas. As informações para a logística interna sobre os itens a serem entregues eram enviadas por meio de dois tipos de cartões *Kanban*. As rotas de tempo fixo e quantidade variável eram utilizadas para os itens de pequeno porte, como porcas, parafusos e arruelas, em caixas pequenas e de volume médio. Para os demais itens, a informação partia de forma eletrônica, utilizando rotas em quantidades fixas de peças e com frequência variável. A frequência dependia do consumo realizado pelo posto. O abastecimento era realizado na maior parte por rebocadores elétricos, porém, alguns itens eram abastecidos por empilhadeiras. A partir das dificuldades encontradas, foram propostas as seguintes melhorias: (a) a atualização das informações do PPCP e atribuição clara de responsabilidade; (b) entregas mais rápidas e flexíveis, obtidas com a definição de fluxos nas ruas, organização das rotas por áreas, agrupamento de peças de acordo com o tipo de engate; (c) organização e revisão do mercado de peças compradas; (d) confiabilidade através da equiparação dos níveis de trabalho para cada rota; e (e) também, a redução de duas empilhadeiras. Uma das empilhadeiras se tornou ociosa com as novas rotas e a segunda foi substituída por um rebocador.

Ressalta-se que existem três tipos de abastecimento:

- rota de tempo fixo e quantidade variável: o alimentador realiza uma sequência de etapas padronizadas pelo tempo. O tempo para a rota é fixo, e a quantidade de material vai variar conforme o consumo do período anterior;
- rota de quantidade fixa (gatilho) e tempos variáveis: o alimentador responde a um sinal luminoso ou sonoro indicando a necessidade. A quantidade é fixa e o tempo para a entrega depende da necessidade;
- operações com os dois tipos de movimentação: quando um tipo não serve para todas as situações, pode-se usar no mesmo

ambiente os dois tipos em pontos diferentes. Quando a meta é mover frequentemente, acompanhando um intervalo *pitch*, usa-se tempo fixo. Quando os intervalos são pouco frequentes, com peças muito pesadas ou volumosas, a movimentação com quantidades fixas podem ser melhor.

A pesquisa realizada por Rigatto *et al.* (2006) apresentou a experiência de implantação de uma técnica de armazenagem horizontal baseada nos conceitos básicos do *Lean Manufacturing* em uma grande empresa multinacional, a qual buscou otimizar o fluxo logístico de armazenagem de um almoxarifado de forma integrada a toda cadeia logística de planejamento, coleta, recebimento e abastecimento de materiais para linhas de montagem. O sistema atual mostrou que o modo operante da área já possuía em sua essência uma série de falhas e erros básicos para um processo de armazenagem. A falta de um sistema confiável de controle dos estoques, a falta de conceitos e critérios básicos de movimentação, tais como a utilização de empilhadeiras de contrapeso que inerentemente exigem maiores corredores na armazenagem, a falta de conhecimentos e investimentos em meios de armazenagens mais adequados tais como porta paletes e estantes dinâmicas que garantam o FIFO, evidencia tais problemas no processo. Tecnicamente, a solução de armazenagem horizontal ou *flat storage* (armazenagem horizontal) se mostrou bastante viável e eficiente em termos de seletividade e acessibilidade para armazéns ou almoxarifados de pequeno porte e baixa densidade, locados em instalações industriais cujo objetivo principal seja o de suprir de forma contínua o abastecimento de materiais da fábrica.

Para que o abastecimento de materiais da fábrica ocorra de forma contínua, uma das premissas são as entregas no ponto de uso, que colocam as peças ao alcance dos operadores. Não é ponto de entrega no qual os materiais são deixados em volta ou dentro das células, forçando os operadores a deixarem seu trabalho subsequentemente para buscar essas peças ou trabalhar sofrendo interrupções em função das entregas. As prateleiras de ponto de uso são dispositivos que entregam os materiais em escorregadores fora das células e que consequentemente caem diretamente nas mãos dos operadores e permitem a retirada dos sinais de puxada.

Por isso, quanto mais frequentes forem as entregas, menos estoque haverá no sistema e mais rápido o sistema responderá às mudanças nos pedidos de produção. Porém, entregas frequentes acarretam maiores custos. Por isso, deve-se achar o mix ótimo entre minimizar estoque e minimizar entrega. O trabalho envolvido na entrega de materiais ao fluxo de valor tem duas grandes partes: carregar a carreta transportadora com os materiais necessários de acordo com os sinais *Kanban* coletados no último percurso da rota e dirigir o rebocador por toda a rota para entregar peças. Tanto o carregamento como as entregas podem ser feitas pelo operador de rota (rota acoplada) ou o trabalho pode se dividido, com um atendente de mercado carregando as peças (rota desacoplada) (HARRIS *et al.*, 2004).

Favarin (2008) realizou um estudo de caso junto a uma grande empresa nacional fabricante de equipamentos eletrodomésticos, e buscou ressaltar a importância e a necessidade da utilização de um sistema de movimentação de materiais estruturado, com vistas à melhoria do desempenho. A sistemática foi idealizada em fases que se caracterizam por momentos importantes e distintos do processo de movimentação de materiais: Sistema de Armazenamento, Sistema de Abastecimento e Sistema de Programação de Abastecimento. Quanto ao sistema de abastecimento interno da linha de montagem, eram abastecidos os pontos de uso da linha. Uma mesma pessoa era responsável por realizar as duas primeiras etapas, sendo que primeiramente esta levantava as necessidades da linha para em seguida se deslocar até a área do almoxarifado e realizar a configuração da compra. Após a separação, no almoxarifado, das peças a serem entregues na linha de montagem, o mesmo as distribuía nos pontos de entrega selecionados. Deste modo, a rota era acoplada à seleção dos materiais no almoxarifado, ou seja, uma única pessoa era responsável por operar a rota e selecionar as peças requeridas. Os abastecedores internos das linhas, em seguida, distribuía as peças nos respectivos pontos de uso. O trabalho envolvido na entrega de materiais às células possui duas partes: carregar o veículo de transporte com os materiais necessários, de acordo com os sinais de puxada coletados no último percurso da rota, e dirigir o mesmo por toda a rota para entregar peças. Tanto o carregamento como a entrega pode ser feito pelo operador da rota em uma rota acoplada, ou o trabalho pode ser dividido, com um atendente de mercado carregando as peças em uma rota desacoplada. Uma rota acoplada indica que o abastecedor será responsável pelo circuito do equipamento utilizado

para transporte e também pelo seu reabastecimento com contêineres cheios no mercado de peças compradas, de acordo com a necessidade das células de produção. A utilização de rota acoplada ou desacoplada apresenta diferenças no número de sinais de puxada no sistema. Desta forma, uma rota acoplada exige sinais de puxada no sistema em três vezes a frequência de entrega, pois há uma hora sendo entregue, uma hora de material na célula e uma hora de sinais de puxada sendo reabastecidos. Uma rota desacoplada exige sinais de puxada para quatro vezes a frequência de entrega, pois há uma hora sendo entregue, uma hora de material na célula, uma hora de sinais de puxada sendo reabastecida e uma hora sendo separado no mercado.

Costa *et al.* (2006) analisaram o abastecimento da linha de produção de uma empresa de fabricação de motores diesel, no Brasil. Na linha de montagem de motores da empresa estudada, o abastecimento da produção é realizado através do sistema *Kanban*, onde são alocados os itens de menor porte em caixa KLT, um modelo de abastecimento mais conhecido como “duas gavetas”. Neste modelo, quando chega ao fim as peças da primeira caixa, é disparado a necessidade de reposição. Tornando assim um estoque máximo de duas caixas e mínimo de uma caixa. O abastecimento é realizado através de 10 abastecedores, equipados com veículo de movimentação interna determinado como rebocador elétrico (*trolley*) e 02 vagões onde são colocadas as caixas que são movimentadas entre o almoxarifado e a linha de produção. O abastecedor percorre a área de sua responsabilidade de abastecimento, identificando através do coletor de dados os itens necessários para produção, gerando assim uma lista de necessidade, chamado de *picking list*. Uma vez gerado o *picking list*, o abastecedor identifica quais itens correspondem a caixas KLT e quais correspondem a *rack's* especiais. Durante análises de performance dos abastecedores e da produtividade da linha de produção, foram constatados os problemas mais impactantes no processo: falta de material, falta de abastecimento, falta de material pré-montado, falta de material com qualidade, falta de turbinas para os motores, falta de montagem, falta de material devido à inacurácia, falta de material devido à mudança de mix. Foram propostas melhorias, notando-se a necessidade de treinamento focado aos abastecedores, detalhando e padronizando suas respectivas funções. Os mesmos terão seus trabalhos medidos e quantificados por meio de métricas, que ilustrará a produtividade de cada um deles e no contexto geral do grupo por inteiro.

2.2.3 Planejamento do fluxo de materiais e informações

O plano para cada peça (PPCP) é a tabela cadastro de todos: materiais, peças componentes e produtos que é inserida num banco de dados de gestão de materiais. Ela contém informações completas sobre cada peça sob o ponto de vista logístico, descrevendo detalhadamente como cada peça é tratada desde o fornecedor até seu ponto de uso. O PPCP viabiliza o planejamento da logística *Lean* unificando os dados em uma única fonte de pesquisa, tornando eficientes as operações, centralizando os dados e permitindo respostas rápidas (WALTER, 2013).

A construção de um fluxo de materiais enxuto passa pelo entendimento do fluxo da produção, pois ambos estão fortemente conectados. Segundo Harris *et al.* (2004), as etapas contidas no guia de implantação da logística interna são:

- construir um plano de informações e orientações para cada peça, o PPCP (Plano para cada peça);
- criar um mercado de peças compradas;
- planejar o fluxo de materiais; e
- manter o planejamento, incorporando-o à rotina.

Na sequência, são abordadas as quatro etapas citadas.

Na primeira etapa 1 do PPCP, explica Harris *et al.* (2004) que deve ser criado um banco de dados que contenha todas as informações necessárias para que cada peça seja gerenciada da doca ao seu ponto de uso. Para isso, os autores sugerem a elaboração do plano para cada peça (PPCP), documento que deve conter todos os dados pertinentes acerca do material. O PPCP pode conter, por exemplo:

- informações sobre a peça, como o código, descrição, consumo diário, local de uso e armazenamento;
- informações sobre o fornecedor, como frequência de pedido, fornecedor e localização; e
- informações sobre a embalagem, como peso, tipo, dimensões e utilização.

Complementa essa explicação Rother *et al.* (2002) que algumas das informações incluídas no PPCP são: número da peça; descrição; utilização diária; local de uso; local de armazenamento; frequência de pedido; fornecedor; cidade do fornecedor; tipo de embalagem; peso da embalagem (vazia); peso de uma peça; peso total do carregamento (peso da embalagem cheia); dimensões da embalagem (largura, comprimento e altura); uso por montagem (número de peças necessário para um produto acabado); uso horário; quantidade padrão da embalagem (número de peças em uma embalagem); embalagens utilizadas por hora; tamanho da entrega; transportadora; tempo em trânsito; número de cartões no circuito; número de desempenho do fornecedor.

Por conter uma grande quantidade de dados, é necessário manter o PPCP atualizado. Salientam Neuenfeldt Júnior *et al.* (2011), que nesta etapa é necessário o conhecimento sobre o comportamento de uso para cada material, determinando-se quais os dados que deveriam fazer parte do banco de dados.

Salientam Harris *et al.* (2004) que o PPCP, uma vez estabelecido, preenchido com as informações das peças e devidamente gerenciado, permite que a empresa:

- inicie a criação de seu sistema *Lean* de movimentação de materiais e, subsequentemente, desenvolva seu mercado de peças compradas, rotas de entrega e sinais de puxada;
- armazene os dados atuais pertinentes a todas as peças em um local central, de fácil acesso;
- selecione os dados das peças por várias categorias, como tamanho de embalagem, localização do fornecedor e utilização diária;
- forneça respostas rápidas às questões das operações relacionadas a peças e fornecedores.

Na segunda etapa 2 é criado o mercado de peças compradas, que é um estoque de produtos, com pontos de reposição e nível máximo controlados visualmente, que funciona de acordo com a necessidade de materiais para a produção (HARRIS *et al.*, 2004). Para sua criação, os autores sugerem que seja definido:

- um local que minimize a movimentação dos operadores e o transporte de produtos;
- quais os itens e os níveis de estoque para cada item;
- os procedimentos de retirada e abastecimento; e
- os procedimentos de “emergência”, caso algum item alcance o nível mínimo ou máximo.

Vale salientar que a definição do espaço ocupado pelo mercado de peças não deve ocorrer em função do espaço disponível, ou seja, o espaço é que deve se adaptar ao tamanho do estoque do mercado (HARRIS *et al.*, 2004).

Apontam Harris *et al.* (2004) que o sistema *Lean* de movimentação de materiais implementado deverá ser baseado nas suas operações de produção a fim de terem o que necessitam e quando necessitam. Se as peças atingirem o nível mínimo, essa situação deve ser vista como uma emergência, porque sem a imediata ação do controle de produção, as operações ficarão sem peças. Se isso ocorrer, um envio especial de peças será necessário por algum tempo até que o estoque atinja seus níveis necessários.

Na terceira etapa é definido o projeto das rotas de entrega. O abastecimento de matéria-prima na produção é um processo que não agrega valor ao produto, mas é uma atividade indispensável no fluxo de valor. Nesse sentido, o estudo das rotas de abastecimento visa minimizar os custos de transporte, consumo de espaço, tempos e movimentos.

Na visão de Marodin *et al.* (2012), o planejamento das rotas de movimentação tem como objetivo criar percursos com menores deslocamentos em cada rota. Desta forma, busca-se reduzir a movimentação e a espera, além de facilitar o abastecimento de múltiplos postos em uma mesma rota.

As empresas podem adotar dois tipos de movimentação *Lean*: com um intervalo fixo de tempo; ou com a quantidade de material variável. Nesse caso, a cada intervalo fixo de tempo é feita uma rota definida para abastecimento e coleta de cartões *Kanban*. Harris *et al.* (2004) sugerem que esse tempo seja de uma hora. O segundo tipo é o de entregas com quantidade fixa e tempo variável, onde o abastecedor

recebe o sinal de necessidade e reabastece o ponto de uso com uma quantidade padrão.

Para Slack *et al.* (2002), o *Kanban* de movimentação ou transporte serve para avisar um estágio anterior que o material pode ser destinado para um local específico, ou seja, determina o tipo e a quantidade de produto que o processo subsequente retira do processo antecedente. Além disso, tem a informação do cartão em relação à descrição do produto, local de retirada e destino.

Para Walter (2013), a rota de abastecimento é uma ferramenta *Lean* aplicada à logística de abastecimento interna e tem como principal objetivo fazer fluir a matéria-prima através do *Just in time* com o auxílio do sistema *Kanban*. Os carrinhos utilizados para a rota de abastecimento são projetados com dispositivos padrões para as peças, o que facilita tanto o armazenamento do item durante o transporte quanto o abastecimento do posto que utilize o material.

A rota de abastecimento possui elementos importantes como percurso e trajeto a ser percorrido, horários de partida fixos e frequentes, paradas somente em pontos pré-estabelecidos e quantidades de entregas definidas (ROTHER *et al.*, 2002).

A implantação da rota de abastecimento tem como finalidade agilizar o abastecimento de matéria-prima, realizar a produção puxada na fábrica, fazer fluir os materiais e distribuí-los de forma adequada, no momento exato, sem gerar estoques nos pontos de uso. Segundo Walter *et al.* (2008), torna-se necessário designar espaços adequados próximos à montagem onde permanecem os carrinhos cheios entregue pela rota. Para isso, sugerem os autores que se deve seguir alguns critérios:

- os dispositivos de entrega devem permitir o abastecimento direto no local de consumo;
- a matéria-prima não deve sofrer danos durante o transporte;
- os componentes deverão ser fornecidos em posição adequada facilitando a operação de montagem;
- permitir fácil acesso às peças, obedecendo ao princípio de ergonomia;
- realizar as atividades da rota com a máxima atenção para evitar acidentes.

Para estabelecer um sistema de informação e uma rota de entrega, apontam Rother *et al.* (2002) que é necessário:

- definir como transportar as peças do mercado de peças compradas para as células e como traçar a rota que as entregas fariam;
- instalar um sistema de informação utilizando sinais de puxada para disparar o reabastecimento de peças e controlar a quantidade de entregas de materiais;
- identificar as necessidades de entregas de peças para a primeira célula e então expandir estas necessidades para preencher a rota de entrega.

Para o cumprimento desta etapa, os passos para a realização são propostas por Harris *et al.* (2004):

- definir os meios de movimentação;
- criar as rotas de entrega;
- fazer a distribuição das peças;
- identificar as ruas, sentidos, o trajeto e os pontos de parada e entrega de material.

A rota de entrega consistirá de paradas definidas, pontos de entrega nos pontos de uso para cada peça e horários e quantidades precisas para as entregas de materiais. O trabalho padronizado será utilizado para cada ação envolvida. Os passos para desenvolver a rota de entrega são: identificar os corredores de entregas na planta; selecionar o método de transporte para entregar as peças; determinar os pontos de parada e de entrega para a rota; criar prateleiras de pontos de uso de tamanho certo nos pontos de entrega (HARRIS *et al.*, 2004). Deve-se definir o tempo necessário para cada material e a quantidade de trabalho contida em cada rota, procurando manter o equilíbrio entre as rotas.

O projetoda rota de entrega deve seguir alguns parâmetros para que a organização obtenha sucesso e os resultados esperados, conforme Harris *et al.* (2004):

- 1) Designar corredores de uma e duas mãos ao longo do percurso natural do fluxo na planta.

- 2) Fazer todas as rotas fluírem pela planta e de volta ao mercado.
- 3) Projetar paradas na rota e pontos de entrega para otimizar o trabalho de criação de valor do operador da rota.
- 4) Começar com uma rota de entrega de uma hora na maioria dos casos, tentando chegar o mais perto possível de 57 minutos de conteúdo de trabalho (para criar uma rota eficiente de 95%).
- 5) Estabelecer tempo de carregamento no mercado de peças compradas de 33% ou menos do tempo total da rota de entrega acoplada.
- 6) Estabelecer tempo de viagem da rota e não mais de 33% do tempo de não carregamento da rota.
- 7) Fazer com que o sinal de puxada seja a única autorização para movimentar material. Nenhum material deve ser movimentado sem um sinal de puxada.
- 8) Criar trabalho padronizado para operadores de produção que exija que eles removam sinais de puxada ao utilizar a primeira peça em uma embalagem, disparando o reabastecimento somente quando o cartão é removido e retirado.
- 9) Sincronizar o horário de almoço e os intervalos do motorista da rota com aqueles que trabalham nas áreas de trabalho atendidas pelo mesmo.
- 10) Implementar trabalho padronizado rigoroso na rota de entrega para eliminar toda a movimentação desnecessária.
- 11) Insistir que os tempos de rotas específicas e as frequências sejam seguidos para que a rota de entrega não seja interrompida por qualquer motivo.

Discorrem Harris *et al.* (2004) que o controle de produção e compras necessitam examinar o PPCP e as proporções dos tamanhos das embalagens de peças compradas, as embalagens de peças prontas e os requerimentos da célula. Essa informação auxiliará na redução gradual da quantidade de embalagens vinda dos fornecedores.

Referencia Walter (2013) que em relação à forma de abastecimento no ponto de uso existem prateleiras de abastecimento específicas, nas quais o material é abastecido por fora da célula de produção pelo método conhecido como *front picking* sem interferir no trabalho do operador e o retorno dos contenedores vazios ocorre por baixo dos contenedores de

material cheios em outro nível da prateleira. Esta prateleira é denominada *Flow Rack* e utiliza trilhos que permitem o contentor deslizar até as mãos do operador.

Na quarta etapa é realizada a sustentação e melhorias no PPCP. Ressaltam Harris *et al.* (2004) que a produção *Lean* exige auditorias como um meio de mover-se continuamente à perfeição. O sistema de movimentação de materiais também exige auditorias que devem ser realizadas periodicamente ao longo da cadeia de gerenciamento, do operador de rota ao gerente da planta e ao longo da pirâmide de movimentação de materiais, a fim de obter melhorias.

As três áreas que devem ser auditadas para a manutenção e aperfeiçoamento do sistema de logística *Lean* são:

- o mercado de peças;
- as rotas de entrega;
- os sinais de puxada.

A área mais importante para realizar a auditoria será nas rotas de entrega, onde os autores sugerem algumas diretrizes para a avaliação do sistema, relativas à gestão visual e da informação.

O planejamento do fluxo de materiais gera resultados positivos às empresas. Segundo Harris *et al.* (2004), pode-se identificar resultados quantificáveis para as empresas com uma série de melhorias em indicadores, tais como a redução:

- no número de movimentadores;
- no tempo desperdiçado pelo operador por procurar peças;
- no espaço para armazenar;
- no nível de estoque;
- no número de empilhadeiras;
- nos incidentes registrados;
- na falta de peças na produção;
- nas horas extras;
- nas entregas emergenciais.

2.2.4 Supermercado de peças compradas

A função dos componentes e subconjuntos de inventários dentro de uma fábrica é para manter a produção e linhas de montagem operando de forma eficiente, além de oferecer as opções de nível de estoque, métodos de fornecimento, e os locais de armazenamento que reduzam os custos globais de produção.

Uma das inovações de Taiichi Ohno, o supermercado, fornece um mecanismo essencial para a Produção Enxuta, resolvendo dois problemas específicos, de acordo com Wallace *et al.* (2003):

- fornece um pulmão de produtos acabados entre a demanda altamente variável de clientes e o processo cadenciado que muitas vezes é operado em ritmo mais estável e nivelado;
- desacopla os processos que andam em ritmos diferentes – por exemplo, um processo de acabamento que flui em um ritmo constante e um processo de produção de componentes que produz lotes de grande volume em ciclos de tempo muito mais rápidos, mas com tempos de mudança de linha (*setups*) significativamente mais longos. Um supermercado de componentes pode se localizar perto do ponto de utilização, ou perto do processo de origem, ou pode não ter uma localização física exata, existindo como pulmão virtual de *Kanbans* circulantes de material em processo.

O estudo com enfoque nos componentes do supermercado abrange escolhas como centralizados ou descentralizados, os tipos de componentes para armazenar e como criar os *kits* de montagem. O modelo teórico proposto por Battini *et al.* (2010) envolve múltiplos sistemas de montagem, com locais conhecidos, taxas de consumo e variabilidade de uma determinada peça de montagem. Geralmente, as empresas tentam adotar a mesma política de gestão para a mesma categoria de componente (por exemplo, parafusos e porcas) mais do que para cada componente individual (por exemplo, parafuso).

A possibilidade de centralizar ou descentralizar uma categoria de componentes depende do estoque global e abastece a política de custos, em função do grau de semelhança entre os produtos, isto é, montados

por meio da utilização dos mesmos componentes da categoria (BATTINI *et al.*, 2010).

Em outro estudo Battini *et al.* (2009) afirmou que no caso de componentes, a escolha da localização de armazéns centralizados e descentralizados tem grandes efeitos sobre os custos globais. Na verdade, o posicionamento das peças perto das máquinas servidas ou as estações de trabalho de montagem permite um abastecimento muito rápido, resulta em um deslocamento rápido de itens e consequente minimização de custos de inatividade, por outro lado, há a possibilidade de aumentar os níveis de estoque de peças que poderiam resultar em aumento dos custos de estoque. Nota-se ainda que a escolha de um baixo número de áreas de armazenamento permite que os mesmos armazéns atendam a um número maior de máquinas, reduzindo o estoque médio de componentes (estoques de segurança), e liberam mais espaço perto das linhas de produção/montagem.

Em um ambiente tradicional, os níveis de inventário dos produtos acabados são tratados como diretriz. Porém, na operação enxuta os supermercados são dimensionados e administrados, e a quantidade de peças no supermercado representa o inventário máximo permitido para o item. O consumo do supermercado envia sinais de puxada para o reabastecimento. Os supermercados cheios sinalizam que o processo de produção anterior deve parar de produzir. Neste sentido, alguns autores consideram os supermercados como um grupo de *Kanbans* (WALLACE *et al.*, 2003).

O estudo realizado por Battini *et al.* (2010) em uma empresa de montagem sob encomenda moderna, buscou determinar a política de estoque ideal para uma determinada categoria de componentes, para estudar a possibilidade de gerenciar estoques com *kits*, e tenta minimizar os custos globais. Além disso, o estudo apresentou um parâmetro inovador, chamado de “índice de diversidade de categoria de componentes”, que integra a possibilidade de agrupar os suprimentos destinados a diferentes linhas de montagem a partir de uma localização única, definindo a criação de *kits* para a solução do supermercado. Além disso, cria um grau ideal de armazém centralizado e descentralizado, tendo em conta a diversidade morfológica dos produtos, e os custos relacionados com a política de gestão dos componentes adotada.

O conceito de “índice de diversidade de categoria de componentes” utiliza a categoria de componentes, a fim de definir como agrupar de forma otimizada os sistemas de montagem a partir de um ponto do estoque. Uma vez que as entradas de dados comuns para todas as categorias consideradas são padronizadas (posição de linha de montagem, almoxarifado possível posição, o tipo de equipamento de transporte e custo de transporte específico etc.), torna-se muito fácil executar o procedimento (BATTINI *et al.*, 2010).

Esta metodologia considera todas as variáveis críticas para a gestão de componentes em uma montagem: tipo de componentes, grau de semelhança entre os componentes e entre os sistemas de montagem envolvidos, os custos de transporte da unidade de carga e ferramenta de transporte utilizado, disponibilidade de espaço na planta, os valores dos estoques de segurança, introduzindo um modelo que agrupa diferentes sistemas de montagem a partir do ponto de vista dos componentes, concentrando-se em uma categoria de componentes fixa e, para isso, a definição de número de armazéns (centralizado, descentralizado ou supermercados).



Figura 1 – Exemplo de armazém de supermercado em um ambiente de montagem sob encomenda. Fonte: Battini *et al.* (2010).

Os problemas de abastecimento em linhas de montagem são alguns dos aspectos mais importantes a serem considerados durante a análise e projeto de um sistema de montagem, para permitir a maximização da eficiência e flexibilidade.

As políticas de gestão de materiais deverão definir o melhor grau de descentralização e centralização, a melhor localização dos armazéns, o fornecimento de insumos para cada linha de montagem que deve ser decidido caso a caso, já que as necessidades de cada linha de montagem são diferentes dependendo do produto montado, a quantidade de itens de saída, e a taxa de produção.

As contribuições científicas examinam diferentes métodos para fornecer o componente certo para a estação correta de uma determinada linha de montagem, no momento certo, especialmente em um ambiente sob encomenda. Choi *et al.* (2004) utilizaram um protótipo em um ambiente de simulação, que foi projetado para uma linha de montagem automotiva, criando um sistema de alimentação do componente dinâmico, a fim de estimar a parte de consumo que ocorre durante o progresso da produção. Já Matta *et al.* (2005) estudaram o problema de avaliar o desempenho de sistemas de montagem gerenciados com *Kanbans*, analisando diferentes políticas de controle (lançamentos simultâneos e independentes), e estudaram a fila e o desempenho do sistema (taxa de transferência do sistema, o percentual de pedidos satisfeitos, nível médio de produto acabado).

Battini *et al.* (2010) sugeriram que os componentes do armazém normalmente fornecem os sistemas de montagem com *kits* de componentes através de armazéns descentralizados chamados supermercados. Desenvolveu-se um procedimento inovador para apoiar a gestão de materiais, a fim de definir quando, como e onde é conveniente para instalar um armazém de supermercado, considerando o aspecto típico de um ambiente de produção sob encomenda: número, tipo, localização dos sistemas de montagem, a taxa de demanda e grau de componentes usados. O procedimento ainda considera: equipamentos de transporte interno, a capacidade da unidade de transporte, custo de espaço de armazenagem, disponibilidade de espaço na planta, os custos de estoque e a dimensão do estoque de segurança.

Takahashi *et al.* (2005) apontam que os modelos determinísticos de produção integrada e de estoques, além dos sistemas de distribuição têm sido desenvolvidos em busca de uma forma integrada de controle desses sistemas. Os estudos analisaram três tipos de sistemas de pedidos JIT utilizados para o gerenciamento da cadeia de suprimentos em processo de montagem quanto à qualidade. Os sistemas foram: o *Kanban*, o trabalho em processo (CONWIP) Original e um CONWIP sincronizado.

No sistema CONWIP, a chegada e satisfação da demanda agem como o gatilho para liberar ordens para os processos de produção na primeira fase. No entanto, os tempos de entrega podem variar em cada processo de produção em cada fase, bem como a produção através de cada percurso dos processos varia em cumprimento com base na diferença de tempo de avanço, e os estoques crescem a cada fase palco. Sincronizar a produção em cada processo é necessário para reduzir o estoque na fase de montagem. Para este efeito, utilizou-se um sistema de CONWIP sincronizados. O sistema CONWIP sincronizado aqui descrito se destaca por sua capacidade para lidar com cadeias complicadas, ou tarefas complexas em diferentes fases de montagem, com variados prazos de entrega. No sistema desenvolvido, as ordens de produção para cada processo são liberadas enquanto se ajusta o tempo de espera do processo posterior, e os pedidos liberados e processados são sincronizados durante as fases de montagem. Conclui-se que o sistema de pedidos e ordens de produção chamado “CONWIP sincronizado” mostrou ser superior para cadeias de suprimentos complexas, com diferentes prazos em seus produtos e por reduzir os estoques. O sistema foi construído com base no sistema CONWIP, tomando diferentes prazos para a sincronização em consideração.

Kurtoglu (2004) realizou uma análise em duas linhas de montagem em um sistema de manufatura, buscando estudar a escolha quanto à centralização e descentralização que permite a minimização dos custos globais compatível com uma política adequada de manuseio de materiais, com sistemas de montagem flexíveis e eficientes. Por uma questão de flexibilidade total por parte do sistema de manuseamento de material e do equipamento, assim como o nível de automação e o *layout* da planta, buscou-se selecionar um ótimo sistema de manuseamento de materiais para o transporte dos diferentes componentes a partir dos pontos de estocagem para as linhas de montagem. Estas políticas permitem um entrega pontual de todos os itens necessários para as estações de trabalho para completar as tarefas necessárias em todo o ciclo de montagem, a fim de garantir o melhor nível de flexibilidade e eficiência de todo o sistema de montagem.

A escolha ótima do “grau de descentralização” e localização do armazém devem minimizar estoques de componentes e custos de transporte, quando utiliza-se a seguinte fórmula:

$$C_{TOT} = C_1 + C_T$$

Onde:

C_{TOT} – custos totais

C_I – custos de inventário

C_T – custos de transporte

De um modo geral, pode-se afirmar que os custos de inventário tendem a aumentar quando o número de depósitos aumenta devido ao aumento do nível do estoque de segurança, enquanto o custo de transporte diminui, porque os estoques estão em pontos perto dos sistemas de montagem. As posições possíveis finitas de armazéns e de sistemas de montagem conhecidos são definidos por um conjunto de (x, y) coordenadas. A possível localização do armazém contém sempre a posição do sistema de montagem que corresponde à solução mais descentralizada, com zero custo de transporte (KURTOGLU, 2004).

Embora o número de trabalhadores no processo de abastecimento é relativamente pequeno em comparação com o número de trabalhadores na linha de montagem, o problema de abastecimento tem um papel de grande importância econômica devido à economia de custos trabalhistas dos motoristas de transporte e a redução do risco de fornecimento na linha de montagem. O objetivo principal do abastecimento das peças para a linha busca garantir a eficiência dos processos logísticos, ou seja, evitar paradas de linha, devido à escassez de peças ou excesso de estoques de peças na linha de montagem (GOLZ *et al.*, 2012).

A metodologia para todas as categorias de componentes estudadas define quais os componentes que deverão encher a estação com os *kits* e como o *kit* deverá ser criado no interior do supermercado (BATTINI *et al.*, 2010).

Golz *et al.* (2012), em uma aplicação industrial, destaca que um problema-chave para a alimentação parte do princípio do *Just in time* de recuperar as peças em suas respectivas unidades de carga (caixas ou paletes de produtos específicos) de um sistema de armazenamento central, na prática, muitas vezes chamado de supermercado, e atribuí-los a passeios de transporte para o abastecimento em seus locais de montagem designados. Em algumas empresas, o transporte é normalmente realizado por ônibus que circulam em caminhos pré-definidos, com exceção do material volumoso, que é fornecido por veículos dedicados. A dificuldade específica de abastecimento ocorre

em sistemas de fabricação com alta variabilidade das quantidades de peças necessárias para as várias estações da linha devido à constante mudança da produção diária. Além disso, o momento exato da oferta de matéria-prima é de extrema importância, a fim de evitar interrupções no processo de montagem.

O controle do fluxo de material entre a zona central de armazenamento e a linha de montagem pode ser conseguido através da utilização de sistemas de empurrar e puxar. Enquanto o sistema programa empurrar o fornecimento de peças de uma forma previsível, o sistema de tração normalmente usa sinais de *Kanban* para acionar a entrega de peças para a estação.

Choi *et al.* (2004) analisaram um sistema de alimentação em uma oficina de montagem, e propuseram um procedimento de solução heurística em duas fases. Na primeira fase, os pedidos de transporte são determinados com base nas taxas de consumos previstos. Cada ordem de transporte refere-se a um tempo de alimentação ideal em que o nível de estoque de segurança na estação está previsto para ser alcançada. Na segunda fase, estes pedidos são atribuídos ao transporte, e são encaminhados através da linha de montagem. O objetivo é minimizar o tempo de transporte e penalidades para desvios de entrega efetiva quanto ao tempo de alimentação ideal.

Hanson *et al.* (2012) pesquisaram as unidades de carga em uma unidade de montagem, como os recipientes de plástico ou EUR-paletes, utilizados em unidades de montagem, concluindo que eles podem ter impacto significativo na eficiência de tempo e, conseqüentemente, de custos, tanto no fornecimento de materiais como nas estações de montagem que os recebem. Unidades de carga menores podem reduzir o tempo que os operadores das montadoras gastam na busca de peças. Embora recipientes de maiores cargas unitárias resultem em menos movimentos para um dado volume de material, implicaria na eficiência de fornecimento de materiais na fábrica. A pesquisa foi baseada em um estudo de caso de uma indústria automotiva. O caso foi selecionado devido à transição planejada da empresa-caso a partir de um sistema de abastecimento de materiais na planta com base em grandes unidades de carga para o sistema são projetadas com unidades de cargas menores. Isto proporcionou a oportunidade de estudar o desempenho detalhado do mesmo sistema de base, utilizando-se dois conjuntos diferentes de unidades de carga. Assim, o estudo explorou como a eficiência do

tempo de fornecimento de materiais, na planta, é afetada pelo tamanho das cargas. É claro que a eficiência da alimentação em materiais de plantas não é proporcional ao tamanho das unidades de carga. Existem diferenças fundamentais entre a forma como grandes contêineres e as unidades de carga menores são entregues. Com base no estudo de caso pesquisado se concluiu que o aumento da frequência de entrega de cargas unitárias menores não necessariamente resulta em um aumento do consumo de hora-homem.

Os estudos de Rahman *et al.* (2007) investigaram em um sistema de fabricação a aquisição de material e política de entrega em um sistema de produção onde as matérias-primas entram na linha de montagem de dois canais de fluxo diferentes. O sistema engloba processo de produção de lotes em que a demanda do produto acabado é aproximadamente constante para um horizonte de planejamento infinito. Dois tipos distintos de matérias-primas passam através da linha de montagem antes de serem convertidos em produto acabado. Em um dos tipos de matérias-primas se requer um tipo de pré-processamento dentro da instalação antes da operação de montagem, enquanto o outro grupo é alimentado logo na linha de montagem. Os fatores de conversão são atribuídos às matérias-primas para quantificar o tamanho de lote de matéria-prima necessária. Para analisar um sistema desse tipo, os autores propõem uma função de custo não linear que incluiu todos os custos de matéria-prima encomendadas, estoques e entregas de produtos acabados. Sob certas hipóteses, mostra-se que a função de custo não linear é convexa. Para resolver o problema original com restrições de integridade relaxadas, tem-se obtido um conjunto de soluções de forma fechada para obter taxas ótimas de matérias-primas, aquisição e entrega do produto acabado. Uma vez que as soluções são restritas a valores inteiros, foi utilizada a ramificação e a técnica vinculada e derivada de um algoritmo próximo para obter ótimas soluções inteiras. Assim, a quantidade entregue de produto acabado para cada embarque é um intervalo de tempo constante conhecida. A quantidade total de matérias-primas necessárias por ciclo e a quantidade de matérias-primas por ordem são adquiridos, em conformidade.

O estudo de Rodrigues (2011) foi realizado na Toyota Caetano Portugal, e incidiu na otimização da logística interna de uma linha de produção, mais concretamente, na implementação do *Mizusumashi* como forma de abastecimento à linha. O estudo realizado para essa implementação integrou a padronização de processos de abastecimento, permitindo

eliminar lacunas, bem como melhorá-lo significativamente na busca de uma Logística interna *Lean*. A área estudada localizou-se na montagem final, mais concretamente na linha *Trimming* (linha das cabines). O abastecimento é realizado manualmente, sob um sistema *Push*, por três abastecedores. O abastecimento à linha de cabines era dividido em três partes: abastecimento do material CKD grande, abastecimento do material CKD pequeno (parafusaria) e abastecimento do material IN. No sentido da implementação do *Mizusumashi* e da otimização do abastecimento da logística à linha de produção, foi realizado o estudo de tempos, sendo cronometrado o tempo que cada abastecedor demorava para abastecer os diferentes postos na linha de cabines, assim como a observação de deslocamentos que cada um praticava. Após, foi realizado o mapeamento de fluxos, onde se encontram presentes os deslocamentos, o tempo total de cada posto e o tempo total de toda a linha das cabines para cada modelo. Este mapeamento foi realizado para cada modelo e versão, e para cada abastecedor, com objetivo de padronizar as deslocações para evitar movimentos desnecessários. Foi implementado o comboio logístico (*Mizusumashi*), e o levantamento das necessidades de peças que iriam para cada posto. Elaborou-se uma lista de peças por posto para a linha *Trimming* a fim de padronizar todo o processo logístico, no sentido de que o trabalho não dependesse do colaborador que o realiza. Esta lista de peças foi elaborada através da gama de montagem para a linha de produção. Para a passagem do *Mizusumashi*, tiveram de ser retirados cacifos, mesas de pré-montagem e outros objetos para a desobstrução da passagem.

Continua Rodrigues (2011) que para um melhor acompanhamento e cumprimento da implementação do *Mizusumashi* foi elaborado um plano cronológico com as atividades a serem seguidas, assim como os prazos a serem cumpridos, o que permitiu à equipe um maior controle sobre as suas ações e gerou maior pressão no cumprimento de prazos para os setores envolvidos. O *Mizusumashi* desloca-se sempre na mesma direção, isto é, realiza sempre a volta da linha pelo mesmo lado (lado esquerdo), independentemente do lado que for abastecer. Em termos de espaço, os ganhos obtidos pela implementação do *Mizusumashi* foram bastante notórios, abrangendo uma maior organização do material, fazendo com que o bordo de linha se tornasse mais organizado e com espaço mais livre, manuseamento do material foi facilitado, melhor organização da lista de peças, abastecimento do material CKD e IN juntos, maior controle da operação por parte do

or de linha, otimização do tempo dos abastecedores, flexibilidade
ade no abastecimento.

CAPÍTULO 3

3. MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO ENXUTO PARA MONTAGEM DE ELETRODOMÉSTICOS: UM ESTUDO DE CASO

O objeto desta dissertação se refere ao desenvolvimento de um método de implantação de sistema de abastecimento enxuto em empresa do ramo metal mecânico, com atuação no segmento de bens de consumo duráveis.

O método apresentará um sequenciamento formalizado para implementação. Sua estrutura básica foi adaptada da proposta de Harris, R. (2004) para o processo de montagem de eletrodomésticos por fluxo contínuo com *layouts* de linhas e/ou células apoiadas por supermercado central de peças fabricadas e compradas.

O método proposto foi estruturado em nove fases, sendo cada uma delas desdobradas em passos menores que focam nos detalhes da implementação: 1) Definição da forma de abastecimento a ser adotado; 2) Caracterização do material de abastecimento; 3) Definição dos contêineres do abastecimento; 4) Projeto do supermercado do abastecimento; 5) Rota de abastecimento; 6) Definir a comunicação no abastecimento; 7) Programação do abastecimento (nivelamento).

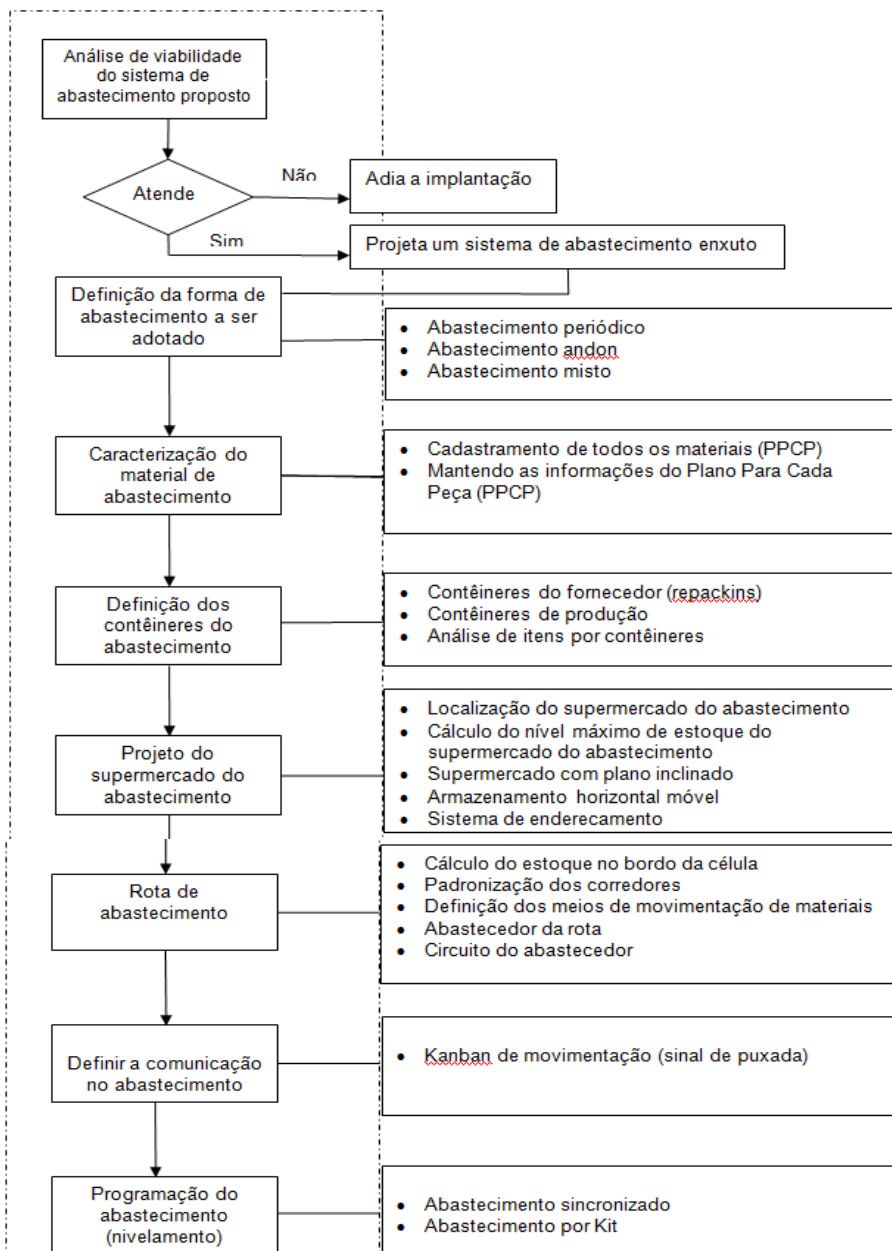


Figura 2 – Visão Esquemática do Método Proposto. Fonte: Elaborado pelo Autor (2013).

3.1 ANÁLISE DE VIABILIDADE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO PROPOSTO

A análise de um sistema de abastecimento enxuto para ambiente de montagem de eletrodomésticos deve ser iniciada com uma autoavaliação sobre o sistema objeto onde se pretende implementá-lo. Inicialmente, considera-se o grau de experiência em relação aos conceitos e práticas da manufatura enxuta que deverão ser avaliados considerando o histórico com projetos e ações no parque fabril, a fim de ser avaliado se os processos internos estão preparados para suportar um sistema de abastecimento enxuto.

Além deste pressuposto da cultura da manufatura enxuta, o sistema deve atender algumas condições básicas para a implementação do método proposto na figura 3.1:

1. A existência de montagem por fluxo contínuo (linhas ou células).
2. A existência de almoxarifado (supermercado) centralizado de peças compradas e fabricadas.
3. Possibilidade real de se projetar rotas de abastecimento com corredores que acomodem elementos transportadores (como carretas puxadas por trolés).
4. Possibilidade real de se implementar sistemas de contêineres padronizados de tamanhos reduzidos.
5. Possibilidade real de se implementar sinais de puxada (tipo *Kanban*) associados aos contêineres padronizados.
6. Possibilidade real de se instalar prateleiras para o acesso direto dos operadores no ponto de uso nas células e linhas. As prateleiras devem permitir o abastecimento sem interferência dos operadores da montagem.

3.2 DEFINIÇÃO DA FORMA DE ABASTECIMENTO A SER ADOTADO

O modelo tradicional de gestão de abastecimento tem foco na entrega de matéria-prima e componentes, realização do processo produtivo e entrega dos produtos ao cliente final de uma forma simples e econômica. Já o abastecimento enxuto tem como foco principal os valores e desperdícios que ocorrem em toda a cadeia, permitindo que as

organizações se tornem mais eficientes no seu processo produtivo e, com isso, mais competitivas. As organizações integradas dentro do abastecimento enxuto têm a possibilidade de rentabilizar mais facilmente a sua jornada enxuta, criando maior valor para os clientes, respondendo de uma forma mais eficaz, rápida e previsível às necessidades destes.

3.2.1 Abastecimento periódico

O sistema *Lean* de movimentação de materiais controlará precisamente os tempos e as quantidades de peças entregues às células com um sistema puxado, o que permitirá à empresa rastrear materiais e manter o estoque sob controle. Para estabelecer este tipo de sistema bem gerenciado, a empresa deverá:

- implementar sinais de puxada que permitam a cada célula puxar do mercado de peças compradas somente o material necessário: sinais de puxada permitem a uma célula de trabalho indicar a necessidade de reabastecimento de peças. O uso de *Kanbans* no sistema de movimentação de materiais irá sinalizar aos movimentadores de materiais a necessidade de movimentação de materiais, do mercado de peças compradas às linhas de produção. O sinal de puxada é a única autorização para mover material do mercado de peças às células. Não se movimenta nada sem um *Kanban*. Os cartões *Kanban* indicam o número da peça, seu endereço no mercado de peças compradas, o endereço preciso de entrega e o número de cartões *Kanban* que existem para aquela peça naquele local de uso;
- determinar a frequência de entrega de material às células: quanto mais frequente as entregas, menos estoque haverá no sistema e mais rápido o sistema irá responder às mudanças nos pedidos de produção;
- determinar se as rotas de entrega será acoplada ou desacoplada ao carregamento dos carrinhos de entrega: o carregamento e a entrega podem ser feitos pelo operador de rota (em uma rota acoplada) ou o trabalho pode ser dividido, com um atendente de mercado carregando as peças (uma rota desacoplada). Nas rotas de entrega de tempo fixo o carregamento de carretas geralmente consome cerca de um terço do tempo de operação

de uma rota acoplada. O sistema pode ser operado com um rebocador e o operador de rota consome um terço do tempo total da rota carregando a carreta. Já a rota desacoplada pode ser operada com um rebocador e dois conjuntos de carretas. Nesse caso, o motorista da carreta retorna da rota anterior, entrega os cartões ao atendente de mercado para carregar o conjunto de carretas vazias e então percorre a rota no tempo previsto com carretas previamente carregadas pelo atendente de mercado;

- calcular o número de sinais de puxada para cada peça: nesse momento, a empresa deve calcular o número de *Kanbans* no sistema para cada peça (*part number*) para cada local de entrega, o que exigirá quatro tipos de informação: a frequência de entregas (determinada para ser em tempo), identificação da rota (como acoplada ou desacoplada), a quantidade máxima de peças a serem entregues a cada ciclo de entrega (que é proporcional à taxa de utilização máxima por hora), a quantidade padrão de peças por embalagens a serem entregues (listadas no PPCP).

O operador da rota acoplada apanhará as peças no mercado e fará as entregas. Durante a fase de entrega da rota, o operador de rota deixará material nas linhas de montagem e recolherá sinais de puxada e embalagens vazias. Uma vez de volta ao mercado de peças compradas, o mesmo operador apanhará o material indicado pelos sinais de puxada e carregará os materiais no transporte selecionado. O operador de rota iniciará o ciclo novamente e entregará o material.

Assim, o abastecimento periódico e repetitivo ocorre com a chegada do rebocador ao supermercado, e a existência de embalagens vazias ou sinais eletrônicos para reabastecimento irão determinar a saída da próxima viagem do rebocador. Duas estratégias são utilizadas para as saídas:

- saídas de intervalos fixos e regulares, de tal forma que o rebocador apenas iniciará uma nova viagem ao final de um período preestabelecido, como por exemplo, a cada 1 hora ou a cada 30 minutos. Tal intervalo deverá ser superior ao maior tempo de viagem da rota, porém inferior ao intervalo entre

abastecimentos do item mais frequente presente na rota. Duas consequências podem ser esperadas desta estratégia:

- α) rebocador chega ao supermercado e já existem solicitações de abastecimento: neste caso poderá haver um atraso no atendimento, visto que o rebocador deverá esperar até que o intervalo preestabelecido seja cumprido e então iniciar nova viagem. Estoques locais no ponto de uso, configurados com maior número de embalagens ali posicionadas ou mesmo embalagens de maior capacidade, deverão compensar atrasos desta ordem;
- β) rebocador chega ao supermercado, não existem solicitações e espera o intervalo preestabelecido. Para o caso de solicitações sinalizadas por embalagens vazias, o rebocador deverá sair mesmo que vazio, supondo que, durante a viagem, embalagens vazias sejam recolhidas para um próximo abastecimento; para o caso de solicitações sinalizadas eletronicamente, o rebocador pode aguardar um primeiro sinal, separar a embalagem solicitada, aguardar o intervalo de tempo preestabelecido e então iniciar sua viagem;
- saída imediata, desde que novos abastecimentos sejam necessários. Corresponde ao item anterior (b), porém sem a necessidade de cumprir o intervalo preestabelecido.

3.2.2 Abastecimento andon

Os materiais puxados com um sinal andon são normalmente entregues com base na necessidade, criando um sistema denominado reabastecimento com intervalo variável e quantidade fixa.

A ferramenta andon conta com um painel ou quadro luminoso disposto em lugar visível, que transmite o tipo de problema através de luzes indicadoras, sinalizando a necessidade de auxílio. Pode sinalizar a parada de determinada máquina, problema de qualidade, falta de matéria prima, e ainda apresentar o *status* de produção planejado *versus* realizado.

3.2.3 Abastecimento misto

O abastecimento misto funciona com o *Kanban* como uma ordem de processamento de primeira prioridade, já que somente é emitido quando existe falta de peças. Apesar do sistema *Kanban* procurar o nivelamento da produção e eliminar as causas dos problemas que possam afetar o desempenho do sistema, eventualmente pode-se apresentar alguma situação extraordinária na qual o *Kanban* deve ser emitido e, após solucionado o problema, imediatamente retido.

Adicionalmente pode ser usado um sistema Andon para notificar, através de lâmpadas coloridas, as demais estações de que existirá uma eventual demora no fornecimento das peças.

Nota-se que os materiais puxados com um sinal andon são normalmente entregues com base na necessidade, criando um sistema denominado reabastecimento com intervalo variável e quantidade fixa. Em contraste, os sistemas de reabastecimento *Kanban* com intervalo fixo e quantidade variável, variam de acordo com o número de *Kanbans* retirados pelo operador da rota na entrega anterior.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL DO ABASTECIMENTO

Para criar um sistema de abastecimento enxuto faz-se necessário conhecer todas as informações relativas a cada peça ou material que será movimentado. Frequentemente, tais informações existem na empresa, contudo, as mesmas ficam descentralizadas em diversas áreas, tornando difícil sua organização.

3.3.1 Cadastramento de todos os materiais (PPCP)

A planilha PPCP (Plano para cada peça), deve centralizar todos os dados considerados importantes e disponibilizá-los em formato eletrônico para quem necessite utilizá-los com flexibilidade.

	Plano Para Cada Peça – PPCP
Código da peça	Número utilizado para identificar o material na planta
Descrição	Nome do material
Utilização média diária (peças/dia)	Quantidade média de material utilizado em um dia
Utilização máxima diária	Utilização máxima do histórico de peças em um dia
Local de uso	Processos/áreas em que o material é utilizado
Local de armazenamento	Endereço (local) em que os materiais são utilizados
Responsável pelo pedido	Nome da pessoa responsável pelo controle do estoque da peça
Tipo de planejamento de pedido	<i>Kanban</i> (puxado), ponto de reposição, solicitação por telefone/ <i>e-mail</i> , entre outros
Frequência de pedido	Frequência de solicitação do material para o fornecedor. Exemplo: diário, semanal, mensal (de acordo com a solicitação)
Fornecedor	Nome do fornecedor do material
Cidade do fornecedor	Cidade onde o fornecedor está localizado
Estado do fornecedor	Estado onde o fornecedor está localizado
País do fornecedor	País onde o fornecedor está localizado
<i>Lead time</i> médio do fornecedor (dias)	Tempo que o fornecedor leva desde o pedido até a entrega do produto
Variação do <i>Lead time</i> do fornecedor (%)	Variação máxima em relação ao <i>Lead time</i> médio
Transportadora	Empresa que fornece o serviço de transporte das peças
Tempo médio de trânsito (dias)	Tempo de percurso necessário do fornecedor à planta (em dias)
Variação do tempo de trânsito (%)	Variação máxima em relação ao tempo médio de trânsito
Peso de uma peça (g)	Peso de uma peça (g)
Comprimento da peça (mm)	Comprimento ou profundidade da

	peça
Largura da peça (mm)	A largura da peça
Altura da peça (mm)	A altura da peça
Ciclo da embalagem	Exemplo: descartável, retornável
Tipo de embalagem	Exemplo: plástica, papelão, especial, entre outros
Comprimento da embalagem (mm)	Comprimento ou profundidade da embalagem
Largura da embalagem (mm)	A largura da embalagem
Altura da embalagem (mm)	A altura da embalagem
Uso por montagem	Número de peças necessárias para um produto acabado
Número de peças por embalagem	Número de peças em uma embalagem
Tamanho da entrega	Tamanho de entrega padrão em dias
Lote mínimo de entrega do fornecedor	Ponto de reposição do supermercado
Estoque para o ciclo de entrega	Utilização média diária x <i>lead time</i> médio do fornecedor
Segurança variação da demanda	Estoque para ciclo de entrega x variação da demanda
Segurança variação da entrega	(Estoque para ciclo de entrega + Segurança variação da demanda) x Variação do <i>lead time</i> do fornecedor

Quadro 1 – Folha de preenchimento de dados para o PPCP. Fonte: Harris *et al.* (2004).

3.3.2 Mantendo as informações do Plano para cada peça (PPCP)

Após o registro de todas as informações no PPCP, é necessário dar continuidade a consistência de tais dados. A manutenção dos dados é um processo simples, porém, importantíssimo.

	Formulário de Pedido de Alteração do PPCP	
Remetente:		
Informações da peça	Dados atuais	Novos dados
Código da Peça		
Descrição		
Utilização média diária (peças /		
Utilização máxima em um dia		
Local de Uso		
Local de Armazenamento		
Responsável pelo Pedido		
Tipo de Planejamento de Pedido		
Frequência de Pedido		
Fornecedor		
Cidade do Fornecedor		
Estado do Fornecedor		
País do Fornecedor		
Lead time médio do		
Variação do Lead Time do Fornec.		
Transportadora		
Tempo Médio de Trânsito (dias)		
Variação do Tempo de Trânsito		
Peso de uma peça (g)		
Comprimento da Peça (mm)		
Largura da Peça (mm)		
Altura da Peça (mm)		
Ciclo da Embalagem		
Tipo de Embalagem		
Comprimento da Embalagem		
Largura da Embalagem (mm)		
Altura da Embalagem (mm)		
Uso por Montagem		
Número de peças por embalagem		
Tamanho da Entrega		
Lote mínimo de entrega do		
Motivo da alteração:		
Aprovado por:		

Quadro 2 – Formulário de Alteração do PPCP. Elaborado pelo autor (2013)

3.4 DEFINIÇÃO DOS CONTÊINERES DO ABASTECIMENTO

3.4.1 Contêineres do fornecedor (*repackings*)

Para conseguir abastecer as linhas de produção com materiais arranjados em contêineres com o tamanho diferente do que é entregue pelo fornecedor, será preciso reembalá-los antes de serem levados pelo abastecedor.

A operação de reembalagem de peças nos contêineres é também conhecida como *repacking*, e deve estar localizada próximo ao mercado de peças compradas, sendo composta basicamente de um posto de trabalho, onde o operador:

- tem disponibilizado ao seu lado o material a ser reembalado;
- recebe os contêineres vazios onde será posto o material;
- realiza a operação de reembalagem;
- disponibiliza o material em contêineres de tamanho adequado para o abastecedor no mercado de peças compradas.

O operador que irá realizar o *repacking* pode ser o almoxarife, o abastecedor ou algum outro operador disponibilizado da linha de produção. A melhor escolha será feita com base no balanceamento do trabalho de cada um.

Assim, a criação de uma operação de *repacking* possui uma vantagem em particular: a otimização e a padronização de um trabalho que antes era realizado por pessoas diferentes na linha de produção, o que é uma forma de aumentar a produtividade e eliminar desperdícios.

Por isso, a operação de *repacking* em si não agrega valor ao cliente e, por isso, a empresa deve buscar a sua eliminação no futuro ao solicitar que os próprios fornecedores já entreguem seus produtos embalados adequadamente.

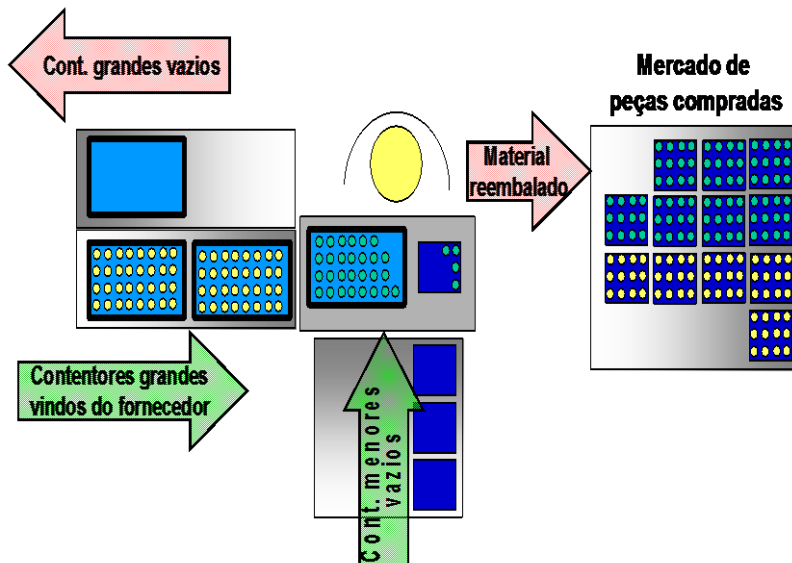


Figura 3 - Esquema de funcionamento da área de Reembalagem (repackin).

3.4.2 Contêineres de Produção

A utilização de contêineres deve ser compatível com o lote de produção, no tamanho ótimo, a fim de facilitar a pegada e montagem por parte do operador.

O estudo dos contêineres adequados para cada item deve considerar seu peso e o peso da peça, a movimentação do produto desde a sua chegada do fornecedor ou produção, até sua aplicação no produto final. Para o dimensionamento dos contêineres seguiram-se os seguintes critérios:

- evitar criar embalagens maior que o essencial para acomodar os itens;
- minimizar o uso de materiais para acomodação interna dos itens;
- peças que apresentam características ou superfícies críticas quanto à qualidade ou operação deveriam ter proteção contra ferrugem, sujeira e danos;
- padronização dos contêineres para movimentação e armazenamento.

A fórmula para calcular o número de contêineres é a seguinte

$$\text{Número de contêineres} = \frac{\text{Nível máximo de estoque}}{\text{Quantidade de peças por container}}$$

3.4.3. Análise de itens por contêineres

Em um ambiente de montagem, observam-se diversos padrões contêineres, com diferentes tamanhos, capacidades e configurações.

A análise de itens por contêineres define a capacidade dos mesmos, onde a peça está acondicionada. Os fatores que determinam sua capacidade final são: os aspectos ergonômicos de acesso às peças ali acondicionadas; o seu tamanho físico e sua ocupação no estoque

3.5 PROJETO DE SUPERMERCADO DO ABASTECIMENTO

3.5.1 Localização do supermercado do abastecimento

Ao procurar determinar a localização, deve-se buscar um local onde os materiais possam ser movimentados a um custo mínimo. Os fatores a serem considerados serão: quantidade do material a ser movimentado; distância até o local de uso; métodos de movimentação até ao ponto de uso.

A estocagem nos pontos de uso caracteriza o máximo em descentralização. Em uma situação ideal, as entregas devem seguir diretamente da área de recebimento às células em apenas uma etapa. Esta alternativa é considerada quando as entregas são muito frequentes, com volumes de produção muito pequenos e com poucas peças por produtos ou em plantas onde as peças são entregues em *kits* prontos para produção por um fornecedor externo.

No caso da estocagem de peças em um supermercado central, as peças necessárias são puxadas pelo ponto de uso, quanto e quando necessário. Neste caso, o supermercado central deve estar localizado o mais próximo possível da área de recebimento.

3.5.2 Cálculo do nível máximo de estoque do supermercado do abastecimento.

Para definir o nível máximo de estoque do mercado de peças compradas precisamos determinar a média diária de uso e a frequência média de entrega de cada peça, assim como a variação em torno dessas duas médias. Tais informações são facilmente obtidas do PPCP.

Desse modo, a quantidade de peças no nosso supermercado terá uma primeira parcela responsável por suprir a demanda da peça na linha de produção entre os ciclos de entrega do fornecedor, uma segunda para absorver aumentos na demanda não previstos pela anterior e uma terceira como segurança para atrasos de entrega.

Podemos utilizar equação 3 para o cálculo:

Estoque de Ciclo	Utilização média diária (peças/dia) x Tempo médio de entrega (dias)
+	
Segurança da Variação de Demanda	Estoque de ciclo x Variação do uso diário (%)
+	
Segurança Prazo de Entrega	(Estoque de ciclo + Segurança da Variação da Demanda) x Variação do Prazo de entrega (%)
=	
Nível máximo de estoque	

3.5.3 Supermercado com Plano Inclinado

São estantes com prateleiras que possuem uma determinada inclinação para possibilitar o deslizamento dos contentores, também podem ser utilizados roletes para facilitar o escorregamento (supermercados dinâmicos).

Na figura 9, temos um exemplo de supermercado com plano inclinado:



Figura 4 - Mercado de peças compradas com planos inclinados e roletes

Seu abastecimento acontece sempre pela parte de trás e as peças são retiradas sempre pela frente, garantindo o FIFO (primeira peça que entra é a primeira que sai) e permitindo o fácil manuseio dos materiais. Confira o esquema da figura 11 que ilustra o fluxo dos materiais no supermercado:

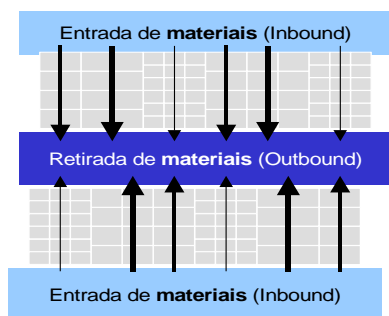


Figura 5 - Fluxo de materiais no supermercado do abastecimento

3.5.4 Armazenamento Horizontal Móvel

Utilizado quando não é possível utilizar contêineres pequenos devido ao grande volume das peças. Geralmente utiliza-se paletes ou prateleiras com rodas para a movimentação manual. Como mostra a figura 12, eles são armazenados em fileiras determinadas por trilhos e seguem o mesmo fluxo de entrada e saída do supermercado de plano inclinado.



Figura 6 - Armazenamento horizontal móvel de carrinhos de abastecimento

3.5.5 Sistema de endereçamento

A etapa seguinte será o desenvolvimento de um sistema de endereços para o mercado de peças compradas.

Estabelecer o mercado de peças compradas exige que a empresa desenvolva também um sistema de endereços formal para os locais de armazenamento no mercado, visando facilitar a armazenagem e localização de cada peça. Deve-se criar endereços utilizando letras para identificar a posição vertical das peças nas prateleiras (nível da prateleira) e números para identificar sua posição horizontal (fileira na prateleira).

As caixas deverão ter uma etiqueta identificando o tipo de peça, o código, a quantidade armazenada e demais informações relevantes, a

fim de facilitar a localização das peças, principalmente nos casos em que se tem uma grande variedade de materiais armazenados.

3.6 ROTA DE ABASTECIMENTO

3.6.1 Cálculo do estoque no bordo da célula

O *layout* atual do chão de fábrica auxiliará para estabelecer uma ordem inicial de paradas e pontos de entrega para a célula de trabalho, além de outras células que serão adicionadas à rota de entrega. Devem ser observadas as distâncias entre as paradas, pois isso determinará precisamente os tempos de viagem para a rota do operador.

Os locais precisos onde o material será entregue – os pontos de entrega – são diferentes dos pontos onde o transporte escolhido normalmente fará sua parada – os locais de parada para a entrega. Deve-se planejar os locais de paradas onde o material pode ser entregue em ambos os lados do corredor e para várias células de trabalho.

O bordo de linha é a interface entre o sistema de abastecimento e a linha de produção em si, devendo ser desenhado da melhor maneira para eliminar movimentações desnecessárias. Para isso, todos os materiais utilizados pelo operador devem estar o mais próximo possível de sua Área de Valor Acrescentado (AVA), conforme figura a seguir.

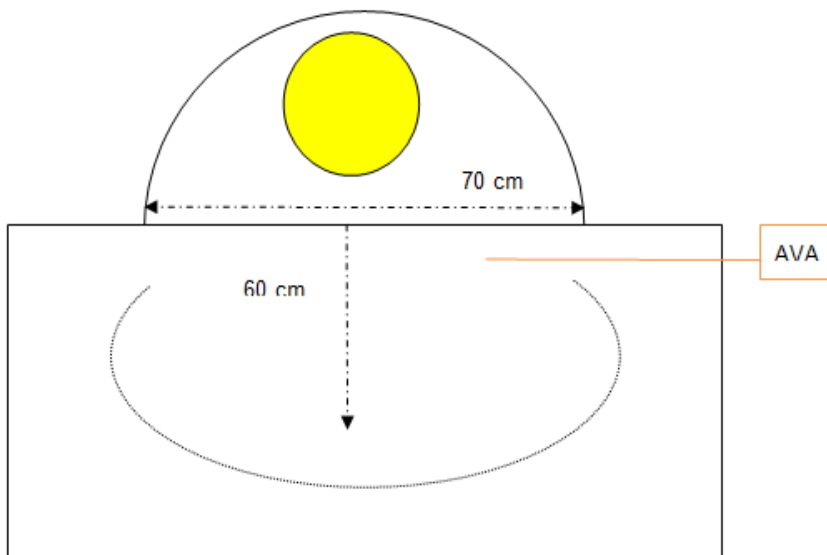


Figura 7 - Área de Valor Agregado. Fonte: Bruna Júnior (2007)

Nota-se que a melhor posição para o abastecimento dos componentes é à frente da AVA do operador. Por isso, é necessário que todos os materiais necessários estejam armazenados em uma estrutura de aproximadamente 70cm de largura por pessoa na linha. Isso é possível se introduzida a utilização de contentores menores, mais compatíveis ao manuseio e transporte das peças.

O cálculo do número de contêiner necessários no bordo de linha para cada peça é feito em função da capacidade dos mesmos e do tempo de ciclo do abastecedor. O é responsável por transmitir a informação e reabastecer a linha de produção realizando circuitos padronizados. Este método dimensiona o bordo de linha para armazenar uma quantidade de contentores equivalente ao tempo de 3 ciclos de abastecimento correspondentes às parcelas apresentadas na figura a seguir:

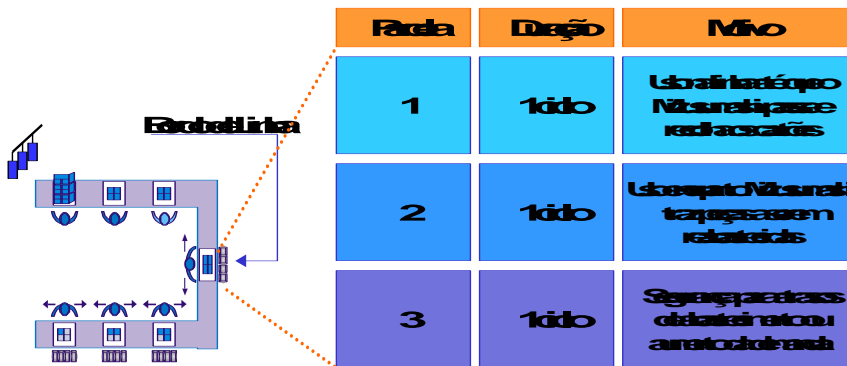


Figura 8 - Composição do estoque de materiais no bordo de célula. Fonte: Autor (2014)

Desse modo, pode-se calcular a quantidade de contêineres no bordo de linha com a seguinte fórmula:

Número de contêineres	=	$\frac{3 \times \text{Ciclo do abastecedor (min)} \times \text{Demanda média do item (pçs/min)}}{\text{Quantidade de peças por contêiner}}$
------------------------------	----------	---

A utilização dos paletes no bordo de linha deve ser evitada, apesar de isto nem sempre ser possível. Para armazenar os pequenos contentores no bordo de linha, podem ser criadas prateleiras no ponto de uso, que possibilitam ao Mizusumashi (abastecedor) carregar e descarregar peças por meio de planos inclinados e sem interferir no trabalho do operador de linha.

Estabelecer as paradas para que as múltiplas entregas possam ser feitas em um local, os operadores de entregas economizam tempo, pois não tem que subir e descer do transporte para atender cada ponto de entrega. Ao final desse processo, quando os locais estiverem definidos, cada parada de entrega e ponto de entrega deve estar sinalizado, com sinais de ‘pare’ em cada ponto de parada e uma seta em cada ponto de entrega.

O operador trabalhará dentro de um ciclo padronizado, que deve ser múltiplo do tempo de ciclo dos contêineres, que por sua vez, é múltiplo do tempo *takt* da linha. Sua rotina deve ser clara, padronizada e eficiente. A partir das informações sobre os materiais que serão

abastecidos (PPCP), onde eles serão entregues (ponto de uso no bordo de linha), em que lugar estão armazenados (mercado de peças compradas) e como serão transportados, pode-se definir o circuito do Mizusumashi.

Deve-se seguir a sequência de ações tomadas como base:

- simulação das tarefas a serem executadas pelo Mizusumaschi (abastecedor): as rotas sempre começam e terminam no mesmo ponto e devem ser desenhadas de forma a otimizar a distância percorrida pelo abastecedor. Dentro destas rotas, o abastecedor deverá ter prioridade absoluta de passagem. A definição dos pontos de parada deve ser feita de forma que ele consiga abastecer a maior quantidade de PDU's possível sem precisar deslocar-se distâncias muito grandes entre o transporte e o ponto de entrega. Recomenda-se um raio de alcance de até aproximadamente 5 metros em cada parada;
- escolha do(s) Operador(es) e elaboração da Folha de Trabalho Padronizado: os materiais e as informações devem estar no lugar certo e do jeito certo para que se elimine o trabalho dos operadores que não agregam valor. Por isso, o abastecedor deve ser uma pessoa experiente e conhecedora dos processos que ele abastece, alguém capaz de garantir o fluxo suave e contínuo do valor na linha de produção. Além disso, deve ter uma rotina de trabalho padronizado que garanta seu melhor desempenho sempre;
- treinamento e Teste do novo sistema: o treinamento para o sistema de abastecimento padronizado é fundamental para os operadores envolvidos com o auxílio das Folhas de Trabalho Padronizado. Deve-se acompanhar o desempenho do sistema fazendo os ajustes necessários e solucionando dúvidas dos operadores até que este esteja estabilizado.

O piso dos corredores poderá ser demarcado com fitas adesivas, informando o caminho a percorrer pela rota, bem como sua identificação e pontos de paradas exclusivos para entrega de material.

Com o dimensionamento correto do bordo de linha, não é necessário ter preocupação em relação à falta de peças, pois o trabalho padronizado executado permite uma alta produtividade das células de

trabalho, disponibilizando o material certo, no local certo e na hora certa.

3.6.2 Padronização dos corredores

A rota de entrega buscará corredores já existentes na planta da empresa, corredores de uma mão e de mão dupla que possam fluir desde o mercado de peças compradas até à linha de montagem.

Deve-se determinar a largura máxima para os carrinhos de entrega, a fim de viabilizar o espaço de corredor de mão única e para os de mão dupla acomodar dois veículos passando ao mesmo tempo. Uma regra será a de que os veículos de entrega de materiais não serão tolerados em outros lugares a não ser nos corredores, com exceção de uma causa ou permissão especial. Além disso, os veículos de entrega de materiais devem ter a circulação livre e que os empregados, os materiais e obstáculos não deverão estar nos corredores. Com isso, as entregas ocorrerão de maneira consistente, utilizando trabalho padronizado.

Ao se fazer um *layout* do supermercado, deve-se estar atento à divisão dos corredores em dois tipos: de abastecimento e de retirada. Esse último é usado pelo abastecedor das linhas para fazer o *picking* dos itens indicados em cada *Kanban*. Por sua vez, o outro tipo de corredor é utilizado pelo movimentador de materiais para repor os itens retirados com os materiais obtidos dos fornecedores internos ou externos. Dessa forma, pode-se retirar um produto localizado em um corredor que está sendo abastecido sem que um funcionário atrapalhe a tarefa do outro.

Além dessa vantagem em termos de movimento, a utilização de corredores específicos permite uma melhor gestão visual do armazém, uma vez que a informação apresentada nos endereços está de acordo com a função a ser executada.

O cartão *Kanban* conterá o endereço escrito na etiqueta, para que ocorra uma identificação mais rápida. Esse ganho de segundos se torna perceptível no final do dia, após a movimentação de milhares de contentores. Por fim, cada supermercado está relacionado a um processo ou uma linha de produção que fabrica apenas o necessário para repor o que foi retirado.

3.6.3 Definição dos Meios de Movimentação de Materiais

O trem logístico é o principal equipamento utilizado pelo abastecedor e permite a otimização do fluxo de materiais e informações.

Como mostra a figura 13, consiste numa série de carretas enfileiradas e que podem ser puxadas pelo próprio abastecedor a pé, por uma bicicleta, um carrinho elétrico ou até mesmo tratores. Isto depende principalmente da carga que será tracionada.



Figura 9 – Exemplo de trem logístico

A principal vantagem dos trens logísticos em relação ao uso de empilhadeiras é que, enquanto as últimas funcionam como se fossem táxis, atendendo a pedidos pontuais de acordo com a necessidade momentânea, os trens atuam como um ônibus, com rotas e horários definidos pelo ritmo de produção (pitch). Desse modo, o trem logístico alia maior capacidade de abastecimento com menor distância percorrida, gerando alta produtividade, redução de custos e simplificação do fluxo de materiais no *gemba*.

Os trens logísticos podem assumir diferentes tamanhos e configurações, permitindo variações na capacidade de carga e mobilidade. Pode-se classificá-los basicamente em três tipos:

- **Comboio pequeno:** carretas de 420x620 mm, ideais para o transporte de componentes pequenos (relês, passadores de cabos,

amortecedores, etc.). Permitem a utilização de corredores mais estreitos no *gemba* devido à sua maior mobilidade.

- **Comboio médio:** com carretas de 620x820 mm, possuem maior capacidade de carga que os comboios pequenos, porém já não são tão flexíveis na sua movimentação.
- **Comboio grande:** carretas de 820x1220 mm, utilizadas para a movimentação de materiais grandes, pallets de compressores por exemplo. Necessitam de corredores largos para deslocarem-se entre os supermercados e as linhas de produção.

A escolha do tamanho do trem logístico depende de fatores como: tamanho das embalagens dos materiais a serem transportados, tempo de ciclo do abastecedor e espaço disponível para movimentação entre as células. A melhor forma de definir qual será a melhor configuração para utilizar-se na prática é preparar protótipos de trem logístico que se deseja testar e carregá-los com os diferentes contentores a serem usados na linha de produção.

Feito isso, deve-se analisar a mobilidade do carrinho entre os corredores do *gemba*, fazendo curvas acentuadas e as manobras que serão necessárias.

3.6.4 Abastecedor da rota

É o operador que abastece componente e retira produto acabado da célula de produção, além de transportar as informações necessárias e também as ordens de produção. Tudo isso de acordo com um ciclo padronizado.

3.6.5 Circuito do Abastecedor

O abastecedor trabalha dentro de um ciclo padronizado, que deve ser múltiplo do tempo de ciclo dos contentores, que por sua vez, é múltiplo do tempo Takt da linha. Sua rotina deve ser clara, padronizada e eficiente.

Tendo em mãos as informações sobre os materiais que serão abastecidos (PPCP), onde eles serão entregues no bordo de linha, em que lugar estão armazenados e como serão transportados, podemos partir para a definição do circuito do abastecedor. Para isso, sugerimos que a seguinte sequência de ações seja tomada como base.

3.6.5.1 Simulação das tarefas a serem executadas pelo abastecedor

Utilizando uma Folha de Observação de Tempos, podemos listar todos os elementos de trabalho que serão realizados pelo abastecedor em sua rotina, inclusive o recarregamento dos materiais no carrinho . O exemplo da figura 14 contém os elementos de trabalho comuns de um abastecedor, assim como uma simulação dos tempos para a realização de cada um.

FOLHA DE OBSERVAÇÃO DE TEMPOS																
Estudo do Processo			Processo: Montagem						Observador: José S.				Data / Hora: 15/02/2007 - 15:00			
Etapas do Processo	Ciclo de abastecimento															
	Elemento de Trabalho		Tempo observado										Menor Repetido	Máquina Tempo de Ciclo		
1	Pegar cartões da caixa de nivelamento		21	25	22	29	31	27	22	23	23	29	23	-		
2	Pegar componentes no supermercado		305	300	330	250	298	280	310	315	300	285	300	-		
3	Pegar PA e colocar cartões no sequenciador		361	353	366	345	378	366	362	360	340	325	366	-		
4	Reabastecer bordo de linha		240	246	244	239	250	238	243	247	246	238	243	-		
5	Pegar cartões de reabastecimento		15	10	11	12	23	10	9	8	15	14	10	-		
6	Levar caixas vazias para o supermercado		111	120	101	131	125	124	122	115	120	113	120	-		

Figura 10 - Folha de Observações de Tempos do Abastecedor

3.6.5.2 Balanceamento do trabalho padronizado do abastecedor

O tempo do circuito do abastecedor deve ser múltiplo do tempo de ciclo dos contentores. Por isso, devemos sincronizar o seu trabalho padronizado para essa situação.

Também precisamos decidir quantas pessoas serão necessárias para operar o sistema de abastecimento. Para isso, precisamos ter em mente o conceito de rota de abastecimento acoplada e desacoplada.

- Uma **rota acoplada** indica que o abastecedor será responsável pelo circuito do trem logístico e também pelo seu reabastecimento com contêineres cheios no supermercado do abastecimento, de acordo com a necessidade das células de produção. Uma rota acoplada de uma hora compõe-se basicamente das parcelas mostradas na tabela 5.

Tempo máximo de carregamento	33% do tempo total (0,33x60min) = 20min
Tempo máximo de percurso	33% do tempo restante (0,33x40min) = 13min 12seg
Tempo total	1 hora

Figura 11 - Composição do tempo de ciclo do abastecedor em uma rota acoplada

Para uma rota acoplada o cálculo do numero de kanban de movimentação é dado pela seguinte fórmula:

Número de cartões	=	$\frac{3 \times \text{Ciclo do abastecedor (min)} \times \text{Demanda média do item (pçs/min)}}{\text{Quantidade de peças por contêiner}}$
-------------------	---	---

- Já a **rota desacoplada**, sugere que o abastecedor realizará apenas as tarefas que compreendem o circuito logístico, cabendo a parte de reabastecimento dos trens logísticos será executada a outro operador, como o almoxarife ou o operador de *repacking*. O cálculo do numero de kanban de movimentação é conforme equação abaixo:

Número de cartões	=	$\frac{4 \times \text{Ciclo do abastecedor (min)} \times \text{Demanda média do item (pçs/min)}}{\text{Quantidade de peças por contêiner}}$
-------------------	---	---

3.6.5.3 Elaboração da Folha de Trabalho Padronizado

Os materiais e as informações devem estar no lugar certo, na hora certa e do jeito certo para que se elimine os *Mudas* do trabalho dos operadores que agregam valor. Por isso, o abastecedor deve ser uma pessoa experiente e conhecedora dos processos que ele abastece, alguém capaz de garantir o fluxo suave e contínuo do valor na célula de produção.

Além disso, ele deve cumprir uma rotina de trabalho padronizado que garanta seu melhor desempenho sempre. Essa rotina deve estar representada de forma clara e simples, em gestão visual, em uma folha disposta em local visível no trem logístico e qualquer outro local que seja necessário.

Na folha de Trabalho Padronizado devem conter as seguintes informações:

- Layout da rota de abastecimento;
- Pontos de parada;
- Tempo do ciclo de abastecimento.

3.7 DEFINIR A COMUNICAÇÃO COM O ABASTECIMENTO

3.7.1 Kanban de Movimentação (sinal de puxada)

O cartão *Kanban* é o responsável pelo funcionamento de todo o sistema, embora não exista um modelo padronizado sabe-se que as informações necessárias à execução e movimentação da ordem estejam presentes de forma clara.

Quando acaba algum material, um cartão *Kanban* é enviado ao funcionário do almoxarifado para repô-lo. Como as quantidades previstas e os tempos de ressuprimento são pequenos, os lotes de reposição também são pequenos. Além disso, o estoque mantido até o

ressuprimento pode ser muito pequeno porque os tempos de reposição são pequenos.

O *Kanban* de movimentação autoriza a movimentação das peças em direção a um processo, ou o fluxo seguinte. Esse *Kanban* vai para a caixa de coleta mais próxima e é recolhido por um movimentador de materiais. Quando ele retornar para o supermercado do processo anterior, o *Kanban* de movimentação é colocado em um novo caixote de peças para a entrega ao processo seguinte.

3.8 PROGRAMAÇÃO DO ABASTECIMENTO (NIVELAMENTO)

A implementação *Lean* na cadeia de abastecimento exige que se repense a sistematização do trabalho, a gestão do fluxo de recebimento das matérias primas dos fornecedores e o fluxo de entrega dos produtos aos clientes, a fim de se alcançar o aumento da eficiência do Sistema como um todo.

A redução de custos com a implantação de controles visuais da rede de transporte de fornecedores e clientes e o redimensionamento do sistema logístico de abastecimento e entrega é possível, por meio da aplicação dos conceitos de logística *Lean* tais como:

- fluxo nivelado de entrega;
- aumento da frequência de abastecimento e redução do tamanho dos lotes de entrega.

O nivelamento quanto ao abastecimento de matérias-primas e componentes que viabilizem o atendimento à demanda em um sistema *Lean* deve passar pela etapa do balanceamento do fluxo de produção com foco no processo de fabricação e pela configuração do *layout* da fábrica até a concepção do sistema de abastecimento. Este nivelamento pode ser alcançado com base nos princípios enxutos e consequente adequação do fluxo de materiais e de informação.

O primeiro passo no nivelamento da produção no processo puxador, por meio de células, deve funcionar de acordo com o *takt time* e operações padronizadas. Assim, o volume de produção deve ser substituído por uma produção nivelada em termos de quantidade produzida por turno.

Para isso, deve-se fazer com que as células produzam um nível constante sempre que estiverem operando e mantenham este nível até que o *takt time* mude em consequência da mudança da demanda no longo prazo.

Espera-se que a produção se torne cada vez mais nivelada, e para isso, deve ser implementado em todo o sistema, um fluxo de valor por vez. Mas, manter a puxada nivelada não é uma tarefa fácil e nem de curto prazo. Em qualquer puxada nivelada, três atividades de gerenciamento são críticas:

- monitoramento contínuo da demanda do cliente: a demanda do cliente, que divide o tempo de produção disponível, gerando o *takt time*, é o fundamento crítico de qualquer puxada nivelada. A quantidade de produtos acabados a armazenar, a quantidade de produtos no supermercado central e as horas de produção a programar estão interligadas e amarradas diretamente ao cálculo da demanda média em um dado período;
- avaliação contínua dos indicadores de desempenho e da estabilidade do processo: no nível individual do processo de manufatura e no controle de produção, é importante que a empresa meça a capacidade e o desempenho ao longo do tempo. Em cada etapa do processo, é essencial medir os itens básicos tais como taxas de refugo, tempos de *setup* e de paradas;
- supervisão diária do controle de produção e dos processos operacionais para garantir que o trabalho padronizado seja seguido: a atividade final necessária para que a empresa mantenha a programação puxada nivelada é a supervisão ativa por parte do Controle de Produção.

Deve-se designar três colaboradores para designar cada uma dessas funções, mas cada organização provavelmente terá uma distribuição diferente de responsabilidades.

3.8.1 Abastecimento sincronizado

Os supermercados em um ambiente enxuto são bem diferentes dos inventários em uma operação não enxuta. Em um ambiente tradicional, os níveis de inventário dos produtos acabados são tratados como

diretriz. Porém, os supermercados são dimensionados e administrados, e a quantidade no supermercado representa o inventário máximo permitido para o item.

O consumo do supermercado envia sinais de puxar para o reabastecimento. Os supermercados cheios sinalizam que o processo de produção anterior deve parar de produzir. Neste sentido, algumas pessoas consideram os supermercados como um grupo de *Kanbans*.

Os supermercados de produtos acabados ajudam a resolver o problema de variabilidade da demanda no Planejamento Mestre. Para muitos Planejadores Mestres, o foco será alcançar a demanda – ajustar para cima o programa num dia porque a demanda está alta, para baixo no outro dia, para cima no dia seguinte, e assim por diante. Apesar do consumo racional da previsão estar a um passo mais perto de não correr atrás da demanda, um Planejador Mestre eficaz ainda tem que usar seu bom senso ao decidir se vai usar o estoque de segurança e com que rapidez deve reabastecer o mesmo.

Apesar da maioria dos Planejadores Mestres entenderem intelectualmente a importância da estabilidade dos planos, muitas vezes não conseguem resistir à tentação de ajustar o Plano Mestre, mesmo que talvez não haja evidência real da necessidade de uma alteração contínua da demanda no mercado.

Em um ambiente enxuto de fabricação para estoque, os pedidos dos clientes geralmente são atendidos por pulmões de estoques de produtos acabados, e estes pulmões são rapidamente reabastecidos. Só o que é realmente embarcado é reabastecido. Note que isso é um reabastecimento de puxar baseado no consumo real. Ele depende da ideia de um supermercado de bens acabados para amortecer as variações de demanda, e da capacidade de reabastecer rapidamente o estoque.

O supermercado será dimensionado para atender a demanda diária e sua variação. O produto resultante do processo cadenciado será dimensionado para atender à demanda média diária. Em outras palavras, o Plano Mestre será dimensionado para trazer materiais para dentro da velocidade antecipada, enquanto o plano de acabamento (a produção diária) será baseado na variedade real dos pedidos do ciclo ou do dia dos embarques anteriores.

O Plano Mestre que dá suporte à estratégia enxuta de fabricação para estoque terá que ser criado como um programa nivelado para mostrar aos fornecedores as quantidades necessárias para atender a batida do tambor do processo cadenciado.

Assim, uma empresa enxuta pode fazer a transição da fabricação para estoque para a montagem sob pedido ao remover lentamente o supermercado de produtos acabados e acoplar o processo de acabamento cadenciado ao programa de embarque.

Em qualquer caso, o programa de embarque e as puxadas do conjunto de operações dirigidas pelo cadenciado devem ser niveladas para alimentar uma demanda relativamente repetitiva e constante para a fábrica e seus fornecedores. Caso contrário, o fluxo com valor agregado irá degenerar para uma série descoordenada, desperdiçadora e desconectada de processos.

Em um típico ambiente de *Lean Manufacturing*, o Plano de Acabamento é baseado ou nos sinais de puxar de reabastecimento gerados no supermercado de produtos acabados, ou pelos pedidos dos clientes propriamente ditos. Estes sinais de puxar, muitas vezes são comunicados à fábrica usando uma técnica de nivelamento de carga de trabalho, às vezes chamada de “Caixa de Heijunka”, dentro de um horizonte curto e em pequenos incrementos de tempo.

A ideia básica atrás da caixa de Heijunka é distribuir o Plano de Acabamento de forma nivelada através do tempo, normalmente em incrementos que variam de alguns minutos até mais ou menos uma hora, e em uma sequência de modelos variados.

Em muitos casos, o processo Heijunka distribui o Plano de Acabamento sobre o turno ou o dia seguinte, mostrando de forma visual o que é para ser produzido, quando deve ser produzido (hora de início e fim da corrida), e quanto de cada item deve ser produzido em cada intervalo de tempo.

O mecanismo Heijunka é a principal técnica visual para nivelar o volume do turno ou dia no cadenciador, e exerce um papel-chave na equalização da demanda. Através do uso de estratégias de supermercado de Heijunka, a amplitude da demanda altamente variável e não linear dos clientes pode ser reduzida a níveis com os quais a fábrica possa lidar.

3.8.2 Abastecimento por kit

A aplicação de um abastecimento por kits dentro de uma linha de montagem pode contribuir no processo de manufatura, melhorando qualidade pelo fato de diminuir os erros de montagem, além de reduzir os custos com a diminuição dos retrabalhos. Em um ambiente competitivo, é necessário implementar melhorias no sistema, a fim de se obter ganhos em produtividade. A implementação do sistema de abastecimento por kits traz ganhos e melhor aproveitamento da mão de obra, além da organização do material ao longo da linha de montagem.

Toda a montagem dos kits normalmente é feita ao lado da linha, sendo que geralmente é feita na área de sequenciamento junto ao recebimento de materiais, ou seja, a área de montagem dos kits fica próximo do ponto de chegada das peças dos fornecedores.

Neste método alternativo de abastecimento de itens componentes, os itens são entregues no ponto de uso por meio de kits previamente preparados no estoque. O abastecimento por kits é usado em situações em que existe pouco espaço para a disposição de diferentes componentes no mesmo ponto.

O uso deste método requer que os padrões de consumo dos componentes sejam iguais ou múltiplos de um. A separação em kits pode ser harmonizada com outros métodos de abastecimento, como o sistema de abastecimento *Kanban*.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta a aplicação do método de implantação de sistema de abastecimento enxuto para a montagem de bens de consumo duráveis descrito no capítulo 3 numa empresa fabricante de aparelhos eletrodomésticos. O capítulo inicia com a apresentação da empresa, a descrição do sistema de abastecimento atual e a aplicação do método proposto na linha de fogão, que passou de um sistema tradicional de montagem de linha para um sistema de montagem celular com abastecimento *lean*.

4.1 CARACTERÍSTICA DA EMPRESA DO ESTUDO DE CASO

Este estudo foi realizado no período de fevereiro a dezembro de 2013 em uma Empresa montadora de eletrodomésticos localizada no município de Brusque, em Santa Catarina, não sendo citada a razão social para fins de confidencialidade e sigilo de dados.

4.1.1 Apresentação da Empresa em Estudo

Trata-se de Empresa do ramo metal mecânico e linha branca líder no mercado nacional e que atua nos segmentos de eletroportáteis, eletrodomésticos, bicicletas, construção civil e casas modulares. Com atuação no mercado desde 1966, tinha por objetivo inicial o conserto de geladeiras, fogões a gás e fornos elétricos, entre outros eletrodomésticos.

Atualmente, a Empresa atua em diversas áreas de mercado, produzindo produtos que atendem às necessidades de cada setor, com qualidade e segurança.

4.2 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO DO CASO ESTUDADO

No caso de fogão, a Empresa trabalha com um mix diversificado e famílias de produtos, bem como produção em escala. O seu sistema de programação é baseado em um Plano Mestre de Produção que é

realizado mensalmente, o que faz com que a Empresa tenha um elevado estoque de matérias-primas, produtos em elaboração e produtos acabados, mesmo tendo seus recursos industriais compartilhados.

No ano de 2010, a Empresa iniciou o processo de implantação de manufatura enxuta, haja vista que a cultura de produção em massa e grandes estoques não se adequavam mais às necessidades e tendências do mercado, que enviava pedidos mais fracionados e exigia maior frequência de entregas.

A implantação de manufatura enxuta envolveu o treinamento dos funcionários acerca dos conceitos da manufatura enxuta, além de um evento piloto *Kaizen* na linha de montagem, transformando a linha em célula.

No ano de 2011 foi realizado outro evento *Kaizen* com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva de um produto importante para o faturamento da Empresa, sendo observada a viabilidade de serem criadas células de montagem, que mostraram excelentes resultados. Mas, para obter eficiência, o projeto precisa de um método de movimentação de materiais mais estruturado, a fim de dar suporte a esses novos conceitos de produção.

Atualmente, a Empresa em estudo possui dois tipos de sistemas de montagem: montagem por linha e célula de montagem.

4.2.1 Abastecimento no Sistema de Montagem por Linha (Estado anterior)

A montagem por linha e célula de montagem encontra-se em um sistema com fluxo produção, abastecida pelo abastecedor com base no *Bill Of Materials* (BOM), que é o sinal de reabastecimento, e identifica a quantidade de peças/insumos para 8 horas de trabalho, o que gerava excesso de estoque na linha.

O processo de abastecimento das linhas consistia das seguintes etapas:

- Almoxarifado: consistia na separação das peças pelo abastecedor através do BOM. O BOM é um relatório da Empresa em estudo que elenca as necessidades de itens e

matéria-prima das Ordens de Fabricação das demandas dependentes do produto;

- transporte das peças do almoxarifado às linhas: consiste no transporte até as linhas, através dos abastecedores, das peças configuradas na área do almoxarifado;
- abastecimento da linha de montagem: consiste no abastecimento ao lado da linha feito pelo abastecedor.

Os operadores podem colocar-se de um lado ou de outro da linha onde operam um conjunto fixo de tarefas (ou elementos de trabalho). A divisão de trabalho entre operadores é fixada pelo balanceamento da linha e é em sequência linear e rígida. A linha se desloca continuamente ou periodicamente de um passo entre duas estações com velocidade constante ou períodos fixos para atender a ordem de produção.

O abastecimento da linha de montagem resulta no processamento de grandes lotes de produtos em um ritmo máximo, com base no MRP, movimentando esses lotes para o processo seguinte.

O abastecimento era feito em carrinhos porta paletes manuais e empilhadeiras, com as quantidades de peças/matéria-prima necessárias para o lote de produção.

O líder da linha se desloca e solicita ao almoxarifado a reposição de peças, que após a separação dos insumos/peças, as mesmas eram levadas pelo Mizusumaschi até a linha de produção. Não havia locais pré-determinados para a colocação das peças, sendo as mesmas deixadas no chão atrás ou ao lado do operador de linha de montagem, acondicionadas em caixas de papelão sem padronização.

Um abastecedor era responsável por realizar as duas primeiras etapas (compra no Almoxarifado e transporte das peças do almoxarifado às linhas), deslocando-se até à área do almoxarifado e realizava a configuração da compra. Após a separação dos insumos e matéria-prima no almoxarifado, as peças eram entregues na linha de montagem e nos pontos de uso por outro abastecedor.

Há manuseio desnecessário de peças, pois há excesso de estoque (Figura 4.1), e muitas peças são levadas para a bancada sem um local determinado ou ergonomia adequada. Observa-se estoque entre os

postos de trabalho, podendo gerar acidentes, haja vista que as embalagens não são padronizadas e algumas ficam diretamente no chão.

O abastecimento era feito no ponto de uso a cada 8 horas, observam-se embalagens não padronizadas e falta de matéria-prima (Figura 4.1).

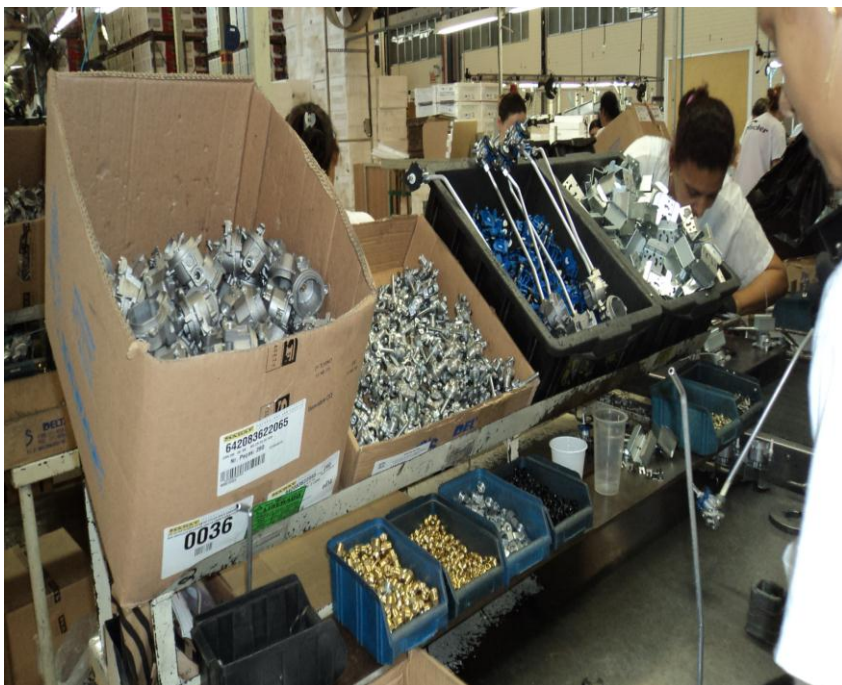


Figura 12 – Contêineres não padronizados. Fonte: Dados da Empresa (2013).

Com relação à forma de abastecimento das linhas, esta era via rotas de abastecimento com entrega sob pedido na linha de montagem. Desta forma, a frequência de entrega das peças do almoxarifado à linha era caracterizada por ser em quantidade variável e tempo fixo. Quantidade variável porque os operadores da linha de montagem solicitavam as peças conforme a necessidade, não havendo controle da quantidade conforme a demanda de produção.

O abastecimento interno da linha de montagem consiste no abastecimento dos pontos de uso da linha. O líder da linha é responsável por realizar o levantamento das necessidades da linha para, em seguida, se deslocar até a área do almoxarifado e realizar a solicitação de peças

para o Mizusumaschi. No almoxarifado, realizava-se a separação no almoxarifado das peças a serem entregues na linha de montagem. Deste modo, a rota é acoplada à seleção dos materiais no almoxarifado, ou seja, um único funcionário é responsável por operar a rota e selecionar as peças requeridas. O líder da linha, em seguida, distribuía as peças nos respectivos pontos de uso.

No ponto de uso (PDU) dos operadores da linha, praticamente todas as peças ficavam dispostas nas laterais e atrás do operador da linha. Era constante a movimentação do operador para repor peças no ponto de uso. Para itens que vinham em paletes, estes ficavam dispostos ao lado do posto de trabalho, dificultando ainda mais o alcance do operador.

4.2.1.1 Armazenagem

Em relação ao sistema de armazenagem utilizado na Empresa é baseado em almoxarifados, na forma do conceito de Itens Empilháveis.

No estado anterior, as peças eram compradas e ficavam acondicionadas no próprio contêiner do fabricante/fornecedor. O controle do almoxarifado funcionava com a entrada das peças com a Nota Fiscal e acondicionadas em porta paletes, em grandes quantidades, com os insumos comprados conforme o MRP.

A Empresa adota o sistema de armazenamento para os Itens Empilháveis, que é utilizado para peças grandes compradas e fabricadas. No sistema de armazenagem verticalizado (porta paletes) não se tem uma gestão visual dos materiais e este não é sistematizado, portanto, não garantindo o FIFO. Também há desperdícios com corredores muito largos e espaços pouco utilizados, dificultando o processo de abastecimento, além do manuseio de peças ser complicado e dependente da empilhadeira. Com relação aos tipos de contêineres utilizados para peças grandes, tinham-se paletes, aramados, sacos, *big bags* e carrinhos.

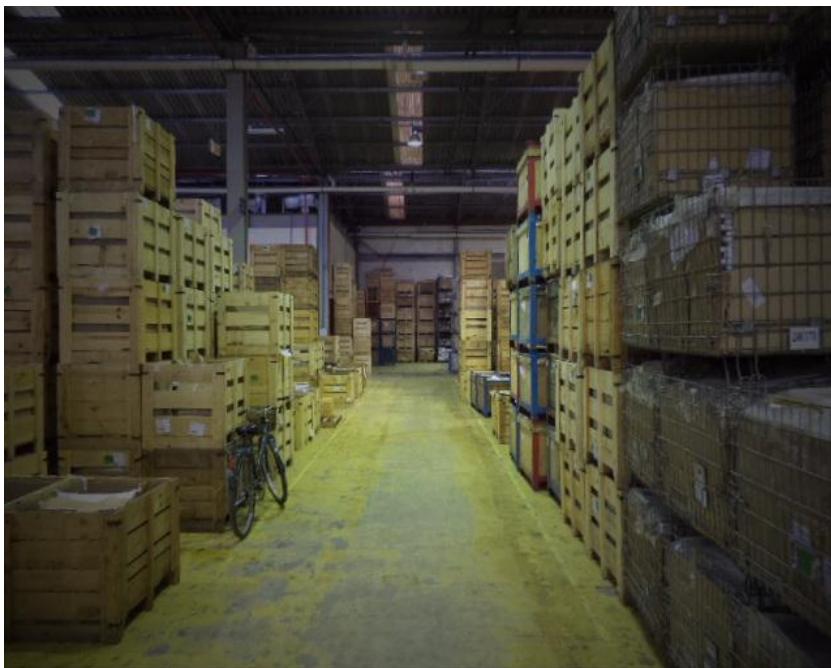


Figura 13 – Armazenamento de itens empilháveis. Fonte: Dados da Empresa (2013).

Para o endereçamento do sistema de armazenagem, a Empresa possui o sistema gerencial que disponibiliza todas as informações com relação à localização da peça como: código da peça, descrição da peça, utilização da peça, localização (bloco, piso e localização no chão).

4.2.2 Célula de montagem

O método estruturado apresentado no capítulo 3 foi configurado segundo o perfil da Empresa em estudo. Para isso, inicialmente foi formada a Equipe do Projeto, com membros das áreas de engenharia de processo, logística, produção, e a equipe *lean*, que foram as quatro áreas envolvidas no sistema de abastecimento.

Apresenta-se a seguir o processo de aplicação do método proposto.

Conforme o método proposto no capítulo anterior, na célula de montagem, como observado na figura 4.3, deve-se abastecer no ponto de uso (pequenas quantidades), a fim de que os funcionários peguem

facilmente as peças. Essas devem estar dispostas de maneira a facilitar o acesso à matéria-prima e seleção do operador. Nas células, é disparado um sinal para o abastecimento de maneira simples e autônoma.

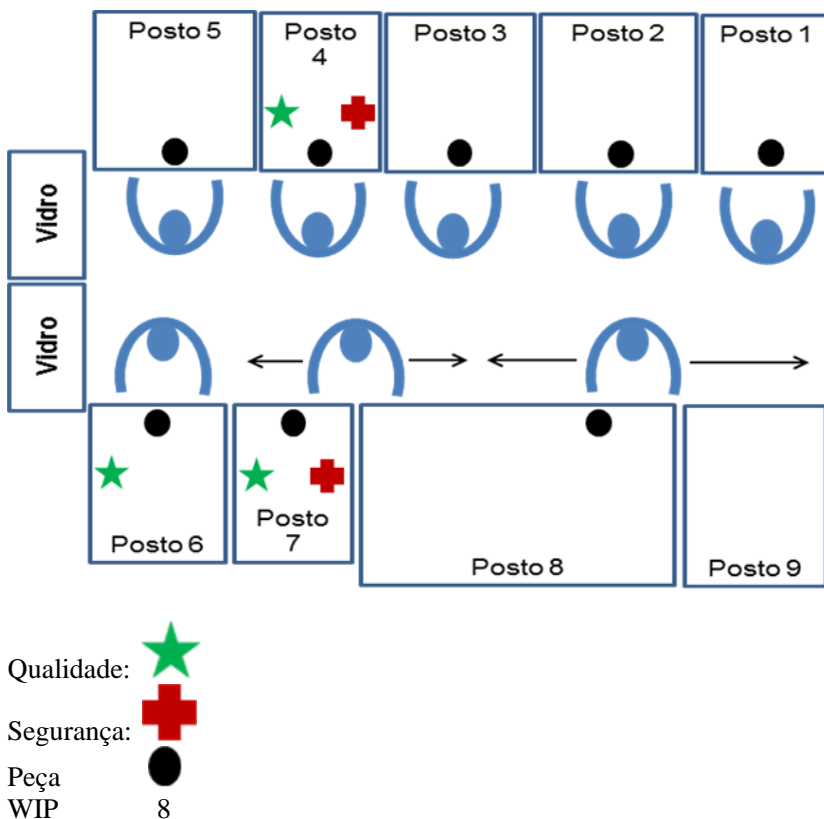


Figura 14 – leiaute da célula de montagem de fogão. Fonte: Dados da Empresa (2013).

O método destaca que o abastecimento ocorre somente por um lado da célula, tornando também o trabalho menos monótono. Além disso, exige menor quantidade de matéria-prima ao lado da célula (os operadores que agregam valor só devem ter a quantidade de material necessária), com contêineres padronizados para armazenagem e abastecimento nas células (Figura 4.4).



Figura 15 – Abastecimento na célula. Fonte: Dados da Empresa (2013).

A célula de montagem tem seu ritmo definido pelos operadores, transferindo peças uns para os outros, onde a velocidade é definida pelo operador mais lento (tempo de ciclo) para atender o tempo *takt*. Na célula, o conjunto de tarefas alocadas ao operador é a que atende ao seu menor deslocamento e ao balanceamento da célula, mas não necessariamente na sequência do fluxo do material. Ao contrário da linha, as células podem assumir múltiplas formas, contudo a forma de U estreita foi a escolhida por proporcionar menores deslocamentos dos operadores.

4.2.2.1 Balanceamento do trabalho padronizado do abastecedor aplicado

O processo de abastecimento das células consiste das etapas elencadas a seguir. Porém, atualmente, a rota é desacoplada da seleção dos materiais no almoxarifado, ou seja, há responsáveis por operar a rota e responsáveis por selecionar os materiais, segundo modelo descrito no item 3.6.5.2 da página 73:

- *repicking* e abastecimento do Supermercado: conforme o consumo das células de montagem, os almoxarifes vão realizando a operação de *picking* para os contêineres padrões de ponto de uso, abastecendo o supermercado;
- compra no Supermercado: os sinais de puxada são emitidos pelos abastecedores das células via *Kanban* e transportados até o supermercado. Os almoxarifes responsáveis pela compra no supermercado recebem os *Kanbans*, separam as peças e as colocam em um reboque transportador para configuração estabelecida (formação do comboio);
- transporte das peças do almoxarifado às células: após entregar os *Kanbans* aos almoxarifes, o abastecedor da célula descarrega as caixas vazias recolhidas nas células em uma área estabelecida no almoxarifado, para que em seguida o mesmo possa carregar o rebocador novamente com as peças selecionadas (comboio) e transportar até as células. Enquanto isso, o abastecedor configura a nova solicitação de compra;
- abastecimento da célula: o abastecedor da célula (líder) recebe as peças solicitadas e as distribui nos respectivos pontos de uso.

Com relação ao tipo de transporte utilizado para abastecimento de peças, o ganho foi eliminar as empilhadeiras e paleteiras do processo produtivo, criando uma área de *picking* próximo ao almoxarifado e incluindo a rota de abastecimento. Atualmente, são utilizados rebocadores que transportam as peças configuradas pelos compradores através de reboques biarticulados, que são engatados nos rebocadores e carregados em uma sequência, formando um comboio.

Quanto ao número de almoxarifes que operam a rota, existe um operador responsável por abastecer as células, e um almoxarife para realizar a compra do Supermercado e preparação do reboque do comboio, além de dois almoxarifes para realizar o *picking* e abastecimento do Supermercado.

4.2.3 Material do abastecimento

Segundo o método proposto no subtítulo 3.3, o PPCP foi criado devido a uma necessidade de projeto de célula que tornou necessário o conhecimento de todas as peças.

Na Empresa em foco, as peças semelhantes na utilização final possuíam itens completamente diferentes no processo de produção. Por isso, todos os itens do setor foram detalhados em seus aspectos de fabricação, consumo e embalagem.

A equipe do projeto identificou cada peça, sendo que nessa etapa foi necessário o conhecimento sobre o comportamento de uso para cada material, determinando-se quais os dados que deveriam fazer parte do banco de dados.

Nesta etapa foi construído um plano de informações e orientações para cada peça, o PPCP (Plano Para Cada Peça) que identificou todas as peças armazenadas com as seguintes especificações:

- Item: código do Item; descrição do Item.
- Informações do Fluxo de Material Interno: T/C do Processo Cliente; Item Pai; Processo Cliente; Endereço no Ponto de Uso; Processo Fornecedor; Endereço de Armazenagem.
- Contêineres no Ponto de Uso: Modelo de contêiner; Peças por contêiner; Peso do contêiner; Peso de Uma Peça; Peso do contêiner com Peças; Comprimento do contêiner; Largura do contêiner; Altura do contêiner; Consumo por Montagem; Contêiner Consumidos por Ciclo de Abastecimento; Quantidade de *Kanbans* de Movimentação; Estoque no Ponto de Uso.
- Contêiner Master: Modelo do Contêiner Master; Peças por Contêiner Master.
- Fornecedor: Fornecedor; Cidade do Fornecedor; País do Fornecedor.
- Contêiner do Fornecedor: Modelo do contêiner; Peças por contêiner; Peso do contêiner; Peso de 1 Peça; Peso do contêiner com Peças; Comprimento do contêiner; Largura do contêiner; Altura do contêiner.

- Informações de Suprimento – Inbound: Frequência de Entrega; Transportadora; Tempo de Trânsito; IQF – Índice de Qualificação de Fornecedores.

Contenedor no Ponto de Uso											
Modelo do Contenedor	Peças por Contenedor	Peso do Contenedor	Peso de uma Peça	Peso do Contenedor com Peças	Comprimento do Contenedor	Largura do Contenedor	Altura do Contenedor	Consumo por Montagem	Contenedores Consumidos por Ciclo de Abastecimento	Quantidade de Kanbans de Movimentação	Estoque no Ponto de Uso
-	[pçs/caixa]	[kg]	[kg]	[kg]	[mm]	[mm]	[mm]	[pç/un]	[caixa/ciclo]	[un]	[n° de Abas]
KLT 2001	5	1,045		1,045	300	200	145	0,002	0,01	1	83,3
KLT 2001	5	1,045		1,045	300	200	145	0,002	0,01	1	83,3
KLT 2001	200	1,045	0,001	1,245	300	200	145	4	0,60	3	5,0
KLT 2001	200	1,045		1,045	300	200	145	5	0,75	3	4,0
KLT 2001	500	1,045	0,001	1,545	300	200	145	4	0,24	2	8,3
KLT 2001	500	1,045		1,045	300	200	145	5	0,30	2	6,7
BIN 4	500	0,125	0,001	0,625	200	115	95	2	0,12	2	16,7
BIN 4	500	0,125	0,001	0,625	200	115	95	2	0,12	2	16,7

Figura 16 – Plano Para Cada Peça na empresa. Fonte: Dados da Empresa (2013)

O conhecimento das características físicas das peças foi necessário a fim de serem planejadas as embalagens. O PPCP já se encontra em funcionamento e foi vantajoso para a Empresa conhecer o consumo e os dados de embalagem. Com isso, foi possível planejar o Supermercado e a célula, pois o PPCP calcula quanto sai na célula por hora, por ciclo de abastecimento, que foi definido para uma hora.

Ressalta-se que em paralelo com a célula de montagem de fogões, foi criado o PPCP, sendo que esse não interfere no sistema de linha de produção contínua.

O PPCP contemplou as peças compradas de fornecedores externos e de peça fabricadas internamente. Implantado devido ao sistema de célula, com bordo de linha e pontos de uso, esse fato tornou necessária a padronização das embalagens, que será abordada no tópico a seguir.

4.2.4 Contêiner

O emprego do contêiner correto, além de garantir a qualidade, segurança e ergonomia, garante também flexibilidade na produção, racionalizando os meios de transporte, carga e descarga evitando transbordos. Tornou-se necessário o planejamento e estudo da embalagem adequada para cada item, levando em consideração seu peso e o peso da peça, a movimentação do produto desde a sua chegada do fornecedor para o Supermercado e do Supermercado até o ponto de uso.

A Empresa possuía contêineres grandes, sem definição de peso e ergonomia, além de não ser calculado o tamanho para o ponto de uso. Na linha de produção, o funcionário da linha de montagem recebia os insumos em caixas de papelão, que poderiam levar até 8h para haver nova reposição. Não existia um padrão na embalagem. A desvantagem gerada eram os grandes volumes em estoque, requeria amplo espaço físico, desperdícios, não havia ergonomia, pois o funcionário não consegue levantar uma caixa, além das caixas ficarem no chão, ao lado ou atrás do funcionário.

Não foi na semana Kaikaku, mas sim, a Equipe do Projeto quem planejou e desenvolveu os contêineres, conforme requisitos apresentados no método no subtítulo 3.2.3.

A embalagem escolhida pela Equipe de Projeto foram as caixas plásticas segundo o padrão *Klein Lagerung und Transport* (KLT) de vários tamanhos pela facilidade que elas têm em deslizar pelos trilhos da prateleira *flow rack* e por possuírem um formato tal que seu empilhamento pode ser configurado de diversas formas.

O quadro abaixo mostra a classificação dos modelos de contêineres que a Equipe do Projeto definiu e fez a aquisição.

Código	Dimensões Externas (mm)			Dimensões Internas (mm)			Peso (Kg)	Capacidade (L)	Material
	C	L	A	C	L	A			
Código do Fornecedor									
KLT 3214	300	200	145	230	145	105	1,045	3,5	Polipropileno (PP)
KLT 4314	400	300	145	335	245	105	1,885	8,5	Polipropileno (PP)
KLT 6414	600	400	145	530	345	100	3,07	18	Polipropileno (PP)
KLT 6421	600	400	215	530	345	165	3,64	30	Polipropileno (PP)
MOD 1061	600	400	155	565	365	150	1,67	30,5	Polipropileno (PP)
MOD 1073	600	400	215	565	365	210	2,15	43	Polipropileno (PP)

Quadro 3 – Classificação dos modelos de contêineres. Fonte: Dados da Empresa (2013).

O novo modelo de gerenciamento utilizando contêineres foram substituídos pelos porta paletes, que deram espaço aos *flow racks* nas células, fazendo com que o supermercado fosse administrado sem os recursos de empilhadeiras e paleteiras.



Figura 17 – Padronização do armazenamento de contêineres para célula. Fonte: Dados da Empresa (2013)

O contêiner foi escolhido com boa manuseabilidade, autoempilhável, se encaixa, ergonomicamente é favorável ao trabalho do operador e é padronizado nas cores.

Dessa forma, facilitou o *picking* e tornou o processo de separação de matéria-prima eficiente e pontual no que tange ao atendimento às linhas de montagem em linha e célula.

Devido às separações das ordens de produção serem feitas de forma manual, todos os *flow racks* foram desenvolvidos dentro de padrões de armazenagem e manuseio.

Para o cálculo de número de contêineres, a empresa utilizou a fórmula apresentada no método proposto:

Número de contêineres	=	$\frac{\text{Nível máximo de estoque}}{\text{Quantidade de peças por container}}$
----------------------------------	----------	---

4.2.5 Mudança do Projeto de Supermercado

O método proposto restringe-se a um almoxarifado que foi transformando em supermercado, bem como a estruturação da rota de abastecimento. Na ocasião do estudo, a Empresa estava passando por uma transformação na sua forma de produção.

A relevância para a implantação do Supermercado é fazer com que a célula de fogão puxe o consumo do Supermercado.

O *lean* começou a ser implantado com um projeto piloto de célula de churrasqueira elétrica, paralelo à linha de produção, a fim de verificar os resultados e comparar os dois tipos de sistema de produção. Nesse momento, foram coletados os resultados e observadas as vantagens e benefícios que o *lean* traz para a Empresa.

Seguindo o método proposto no subtítulo 3.2.4, para o Supermercado foi criado uma área de *picking*, para quando a embalagem do fornecedor chegar e não atender ao ponto de uso deve ser repassada para uma que atenda ao ponto de uso. Assim, os funcionários tiram as peças das caixas do fornecedor e colocam no ponto de uso, sendo essa uma das práticas para a implantação do *lean*. O benefício para a empresa é a redução do estoque no bordo de linha, sendo feito o *repicking* para se adequar ao ponto de uso.

No Supermercado não foi implantado o sistema *flow rack*, os contêineres padronizados ficaram em porta paletes.

O almoxarifado divide-se em dois níveis. Na parte superior estão acomodados os produtos enviados dos fornecedores. Na parte inferior, acomodam-se os insumos em contêineres menores para o ponto de uso, fracionados após a operação de *picking* (transbordo).

O endereçamento é fixo ou variável. Na parte superior é variável, pois onde há um espaço são colocadas as caixas dos fornecedores. Na parte inferior o endereçamento é fixo, que é o supermercado transbordado. O

Mizusumaschi precisará consultar o sistema gerencial para saber a localização de cada peça, por meio do código de cada peça é possível visualizar onde estará armazenada. Nas prateleiras não constam nenhuma informação, e após a implantação do Supermercado, não houve alteração nos acessos e endereçamento.



Figura 18 – Projeto do supermercado implantado. Fonte: Dados da Empresa (2013)

As quantidades armazenadas pelo supermercado ainda não funcionam em *lean*, possuindo grandes quantidades armazenadas, sendo que o MRP aponta a quantidade de peças e insumos que a empresa deverá adquirir.

O Supermercado não foi calculado pela demanda, este é um projeto futuro, quando será calculado com base na produção puxada pelo

cliente. Já existia um supermercado na Empresa, mas fora da prática *lean*.

4.2.6 Estoque no Bordo das Células

No sistema montagem por linha não era controlado o tempo que o funcionário levava em cada operação, as paradas de produção, a quantidade de peças armazenadas no chão de produção, fazendo com que o funcionário se deslocasse para pegar a peça.

O estoque no bordo de célula é no formato de prateleira *flow rack*, disposta frontalmente na mão do operador em caixas padrão.



Figura 19 – Estoque no bordo da célula. Fonte: Dados da Empresa (2013)

O cálculo da quantidade de prateleiras e contêineres foi feito em três vezes o ciclo da rota, que é de 60 minutos, definido pela Equipe do Projeto e apresentado no método conforme o cálculo a seguir.

Desse modo, pode-se calcular a quantidade de contêineres no bordo de linha com a seguinte fórmula:

Número de contêineres	=	$\frac{3 \times \text{Ciclo do abastecedor (min)} \times \text{Demanda média do item (pçs/min)}}{\text{Quantidade de peças por contêiner}}$
--------------------------	---	---

O método proposto definiu que o abastecedor passa no bordo de linha e retira a caixa *flow rack* que esvaziou na área de escape. Ficam ainda duas caixas com peças. A rota é de tempo fixo e quantidade variável, então o abastecedor pega a caixa vazia na rota e leva para o almoxarifado. Deverá consumir as outras duas, pois esse estoque é calculado para suportar três vezes o ciclo de uma hora, para que não falte material. O abastecedor passa de uma em uma hora, e na célula vê o cartão amarelo do item que foi consumido. Esse estoque é dimensionado pelo tempo *tack*.

4.2.7 Rota de Abastecimento

Os carrinhos utilizados para a rota de abastecimento foram projetados pela Equipe de Projeto com dispositivos padrões para as peças, o que facilitaria tanto o armazenamento do item durante o transporte quanto o abastecimento do posto que utilize o material. A rota de abastecimento possui elementos importantes como percurso e trajeto a ser percorrido, horários de partida fixos e frequentes, parada somente em pontos pré-estabelecidos, horários e quantidades de entregas definidos.

Quanto à forma de abastecimento no ponto de uso foram definidas prateleiras de abastecimento específicas, nas quais o material é abastecido por fora da célula pelo método conhecido como *front picking* sem interferir no trabalho do operador e o retorno dos contêineres vazios ocorre por baixo dos contêineres de material cheios em outro nível da prateleira. A prateleira *flow rack* utiliza trilhos que permitem o contêiner deslizar até as mãos do operador.

O método definiu que a rota de abastecimento foi implantada com a finalidade de agilizar o abastecimento de matéria-prima, assegurar a produção puxada, fazer fluir os materiais e distribuí-los de forma adequada, no momento exato, sem gerar estoques nos pontos de uso.

O dimensionamento dos dispositivos utilizados para entrega e abastecimento de itens no ponto de uso seguiu os seguintes critérios:

- os dispositivos devem permitir o abastecimento direto no ponto de uso;
- o material entregue não deve sofrer danos durante o transporte;
- os componentes deverão ser fornecidos em posição que facilite a operação de montagem;
- deverão permitir fácil acesso às peças, obedecendo ao princípio de ergonomia;
- o contêiner deverá ter facilidade no abastecimento direto no ponto de uso;
- as atividades da rota deverão ser realizadas com a máxima atenção para evitar acidentes.

O tempo de consumo foi definido para 3 horas, o que significa que os operadores possuem materiais disponíveis para trabalhar durante esse período. Apesar disso, o abastecedor passa de 1 hora em 1 hora para recolher as embalagens vazias enquanto a linha consome os materiais deixados pela rota na primeira hora. Essa frequência de abastecimento teve como base os estudos de Harris (2004), o conceito *lean* e a aprovação da Equipe de Projeto.

A cada hora, o abastecedor abastece os dispositivos, embalagens e carrinhos vazios coletados na rota anterior para disponibilizá-los na montagem na hora de passagem da rota.

O abastecedor coleta o material no supermercado de peças compradas e leva até ao ponto de uso, onde ele troca os contêineres vazios pelos cheios. Então, os contêineres vazios são levados ao local de reabastecimento.

Para agilizar a movimentação de materiais, foram adquiridos rebocadores elétricos que rebocam os dispositivos de armazenamento criados de acordo com a necessidade do material. Não houve demarcação no piso dos corredores ou identificação nos pontos de paradas exclusivos para entrega de material.



Figura 20 – Trem logístico. Fonte: Dados da Empresa (2013)

A escolha da carreta ou carrinhos de abastecimento biarticulados deu-se por uma questão ergonômica. Antes, cada carrinho pesava 250Kg para o funcionário empurrar. A mudança para o sistema biarticulado, como um trem logístico, é tracionado por um rebocador, que irá atender as quatro células de montagem.

4.2.8 Solução de Movimentação de Materiais

Antes da implantação do abastecimento *lean* na Empresa, a movimentação de materiais era feita com o uso de sistema manual – paleteiras – puxada pelo funcionário, com as caixas de papelão ou grandes contêineres. Não existia rota, ele passava no ponto de uso que necessitava de peças e colocava os insumos no local ao lado da linha. Muitas vezes, o abastecimento não era para um turno de 8h, então o abastecedor era chamado pelo líder da linha.

As alternativas *lean* na movimentação de materiais foi a aquisição de um rebocador elétrico puxado com carretas biarticuladas, implantado com velocidade controlada de 7Km/h.

4.2.9 Definição dos Sinais de Puxada

No modelo anterior de montagem em linha, o sinal de puxada era feito conforme o material acabava. Por exemplo, quando o BOM listava 300 peças, o almoxarife repunha. A cada turno, o gerente de produção determinava a quantidade a ser produzida, requeria o BOM e passava-o ao abastecedor para abastecer a linha de montagem com as quantidades de peça que demandariam para aquele lote de produção. O abastecedor separava as peças e as colocava na linha.

O abastecedor não tinha um sinal, ele conferia a linha, as etiquetas, o produto e calculava quantas peças faltavam ser fabricadas e quanto de matéria-prima faltava. Não tinha sinal de puxada, as peças que acabavam eram trazidas e o controle era feito visualmente.

O primeiro passo da Equipe de Projeto para o desenvolvimento de um sistema puxado foi a operacionalização da puxada com o sistema *Kanban*. As variações de demanda são absorvidas pelo Supermercado, gerando um estoque controlado, dimensionado de tal modo que o processo sempre encontre material no modelo e na quantidade necessária para cumprir seu programa de entregas e o processo fornecedor sempre consiga repor o supermercado antes que os níveis mínimos de material sejam atingidos.

O *Kanban* de movimentação puxa a célula. A cada ciclo de rota que o operador faz, ele recolhe os contêineres vazios, através de um cartão *Kanban* que é o sinal de puxada.

Os procedimentos adotados pela Equipe de Projeto em relação ao sistema *Kanban* foi a implantação do *Kanban* interno de movimentação na célula de fogão em conformidade ao método no subtítulo 3.7.1. O *Kanban* de movimentação, na cor amarelo, faz a puxada do almoxarifado para a célula, dando o direito a compra, puxa da célula para o almoxarifado.

O sistema de cartões foi adotado para facilitar a gestão dos estoques, bem como garantir que todos os dados presentes no cartão estejam sempre atualizados. Na prática da empresa, a célula de montagem puxa do supermercado cada vez que o abastecedor faz a rota de abastecimento.



Figura 21 – Kanban de movimentação. Fonte: Dados da empresa (2013)

Destaca-se que o abastecedor é o responsável pelo manuseio dos cartões *Kanban*, e está sempre visualizando o posicionamento dos cartões, além de ser responsável pelo acionamento do lote do ponto de pedido assim que a primeira peça for retirada da caixa onde o cartão verde está posicionado.

Outro sinal de puxada da empresa nas células de montagem ocorre com o contêiner vazio.

4.2.10 Nivelamento na Montagem

A Empresa em estudo possui nivelamento na montagem. A Equipe de Projeto desenvolveu um nivelamento relacionado ao *pitch* do contêiner do vidro do fogão.

A Equipe do projeto decidiu que os lotes de montagem na célula seriam múltiplos do contêiner do vidro, que têm capacidade para 40 peças, sendo essa a melhor adequação do *setup* de linha. Em análise de todos

os contêineres do fogão utilizados no ponto de uso, o mais impactante no *setup* é o contêiner do vidro, haja vista que as peças são as mesmas para o fogão, e o que altera é o vidro. Utilizando os múltiplos do vidro, na ordem de montagem acabará o vidro também, o que faz com que não haja sobra ou falta deste insumo.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSÕES

Este estudo apresentou um método de implantação de sistema de abastecimento enxuto para a montagem de bens de consumo duráveis em Empresa do ramo metal mecânico, com atuação no segmento de bens de consumo duráveis.

A pesquisa teve início com a fundamentação teórica sobre manufatura enxuta e logística enxuta, e seguiu com a elaboração de um método para implantação de sistema de abastecimento enxuto para a montagem de bens de consumo duráveis.

O método foi desenvolvido a partir da análise de viabilidade do sistema de abastecimento proposto, devendo-se atentar aos pressupostos da manufatura enxuta, como a existência de almoxarifado (Supermercado) centralizado de peças, protejo para a criação de rotas de abastecimento com corredores adequados ao transporte escolhido, possibilidade de implantação de contêineres padronizados, implantação de sinais de puxada e de prateleiras no ponto de uso que permitam o abastecimento sem interferência dos operadores da montagem.

Outro ponto importante do método é o fato de prever como mecanismo para alimentar eficientemente as linhas de montagem ou célula o desenvolvimento de um sistema de abastecimento baseado em rotas de entrega precisas, disseminando os conceitos da manufatura enxuta para que o abastecimento obtenha sucesso.

Se a empresa atender a esses pressupostos, poderá iniciar a implantação do método, que apontará o tipo de abastecimento, os materiais do abastecimento, embalagem, estoque no bordo de linha, rota de abastecimento, definição dos meios de movimentação de materiais, definição dos sinais de puxada e nivelamento da montagem.

A aplicação do método proposto na empresa estudada serviu de alicerce para o entendimento acerca das variáveis voltadas ao abastecimento *lean*, a fim de efetuar a validação do método. A implementação do

abastecimento *lean* na empresa gerou ganhos significativos à Empresa, conforme indicado no quadro abaixo:

	Situação anterior	Situação atual
Numero de Abastecedores	2	8
Estoque de peças na célula [horas]	8	3
Produtividade [fogões abastecidos por hora]	50	128
Produção média por dia célula	1600	2048

Quadro 4 – Resultados obtidos com a implantação do método.

Outro ganho para a empresa está relacionado à utilização dos contêineres padronizados e na simplificação e transparência do abastecimento como um todo, haja vista que simplificou o armazenamento com a eliminação das caixas de papelão do supermercado e na linha de montagem, além da redução de estoque no bordo de linha.

Com isso, observa-se a elaboração do método de abastecimento enxuto e sua aplicação em uma Empresa do ramo metal mecânico, com atuação no segmento de bens de consumo duráveis, mais precisamente implantado na linha de fogão, pode-se afirmar que a presente dissertação atingiu os objetivos gerais e específicos propostos, além de responder adequadamente à questão de pesquisa e comprovar com a discussão da prática realizada.

O estudo buscará colaborar com a comunidade acadêmica por meio da disseminação dos conceitos de manufatura enxuta, tendo em vista o número crescente de pesquisas na área, além de demonstrar principais vantagens e benefícios gerados com o sistema de abastecimento *lean*.

Para o meio empresarial, este estudo contribuirá a fim de tornar as empresas mais competitivas, haja vista que se verifica uma carência quanto aos métodos de abastecimento de materiais em ambiente *lean*.

Quanto mais eficiente for o processo logístico, mais enxuto for o caminho que percorra e o menor grau de desvios que o ciclo produtivo sofra, gerará uma otimização de seus processos internos, com menor probabilidade de desperdícios na produção, atrasos na entrega ao

cliente, controles internos deficientes e falta de estoques que atenda à produção.

5.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Devido à delimitação do escopo da pesquisa bem como às oportunidades encontradas no decorrer da aplicação do método, foram identificadas lacunas que geram algumas sugestões para pesquisas no tema estudado:

1. Com o intuito de analisar a generalidade do método proposto, poder-se-ia aplicá-lo em empresas de diferentes segmentos industriais, como o têxtil, bens de consumo duráveis, indústria de processo de montagem de grandes equipamentos, etc.
2. Replicar a implementação do método proposto novamente em uma empresa do segmento de eletrodomésticos para que se amplie o entendimento sobre o assunto e se ratifique sua validação.
3. Criar e viabilizar um sistema de treinamento e capacitação dos abastecedores no método proposto.
4. Analisar a sistemática do planejamento e controle logístico de uma empresa que possua tanto a logística de abastecimento interno como a de distribuição no sistema

Ship to Line.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, P.H.; REDI, R. **Qualidade ao alcance de todos**: acesso rápido e fácil às técnicas da qualidade total. São Paulo: Editora Gente, 1997.

BATTINI, D.; FACCIO, M.; PERSONA, A.; SGARBOSSA, F. “Supermarket warehouses”: stocking policies optimization in an assembly-to-order environment. **Int J Adv Manuf Technol**, v.50, p.775-88, 2010.

BATTINI, D.; FACCIO, M.; PERSONA, A.; SGARBOSSA, F. Design of the optimal feeding policy in an assembly system. **Int J Adv Manuf Technol**, v.121, p.233-54, 2009.

BAUDIN, M. **Lean logistics**: the nuts and bolts of delivering materials and goods. New York: Productive Press, 2004.

BRUNA JÚNIOR, Emilio Della. **Manual Gemba Kaizen de sistema de abastecimento padronizado**. Manual Lean Manufacturing: EMBRACO, 2007.

CARRERA, M.A. **A Competitividade através da estratégia logística**: um estudo de caso sobre a DHL e Fedex. 2008. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Makron Books, 2002.

CHING, H.Y. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada: supply chain**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CHING, Y.C.; LAM, F.W.; LEE, C.P. Considerations for using cellular manufacturing. **Journal of materials processing technology**, New York, v.96, n.1-3, p.182-7, 1999.

CHOI, W.; LEE, Y. A dynamic part-feeding system for an automotive assembly line. **Comput Ind Eng**, v.43, n.1, p.123-34, 2004.

COSTA, R.D.D; MIRANDA, G.W. Integração da logística no abastecimento da produção. III SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. In: **Anais...** Resente, Rio de Janeiro, 16 de outubro a 18 de outubro de 2006.

DIAS, M.A.P. **Administração de materiais:** princípios, conceitos e gestão. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2006.

FAVARIN, V. **Sistemática para movimentação interna de materiais como suporte às células de montagem.** 2008. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

GOLZ, J.; GUJJULA, R.; GÜNTHER, H.O.; RINDERER, S.; ZIEGLER, M. Part feeding at high-variant mixed-model assembly lines. **Flex Serv Manuf J**, v.24, p.119-41, 2012.

HANSON, R.; FINNSGARD, C. Impact of unit load size on in-plant materials supply efficiency. **Int. J. Production Economics**, p.3-7, 2012.

HASSAN, M.M.D. Layout design in group technology manufacturing. **International Journal of Production Economics**, New York, v.38, n.2-3, p.173-88, 1995.

HARRIS, R.; HARRIS, C.; WILSON, E. **Fazendo fluir os materiais.** São Paulo: Lean Institute Brasil, Maio 2004.

KANNAN, R.V.; PALOCSAY, S.W. Cellular vs process layouts: an analytic investigation of the impact of learning on shop performance. **New York: Omega**, v.27, n.5, p.583-92, 1999.

KUMAR, D.A.; RAMESH, V. Cellular Manufacturing Layout Design in Inner Tube Manufacturing Industry: a Case Study. **International Journal of Scientific Engineering and Technology**, Volume n.1, Issue n.6, p.306-313, 1 Dec. 2012.

KURTOGLU, A. Flexibility analysis of two assembly lines. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v.20, p.247-53, 2004.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Progressos da logística lean**. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/leanmail/99/progressos-da-logistica-lean.aspx>>. Acesso em: 20 maio 2013.

MAC'DONALD, T.; VAN AKEN, E.; RENTES, A.F. **Utilization of simulation model to support value stream analysis and definition of future state scenarios in a high-technology motion control plant**. Research Paper. Department of Industrial & Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University & São Carlos Engineering School, University of São Paulo, 2000.

MARODIN, G.; ECKERT, C.P.; SAURIN, T.A. Avançando na implantação da logística interna lean: dificuldades e resultados alcançados no caso de uma empresa montadora de veículos. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.12, n. 2, p. 455-479, abr./jun. 2012.

MARTINS, P.G.; ALT, P.R.C. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MATTA, A.; DALLERY, Y.; DI MASCOLO, M. Analysis of assembly systems controlled with Kanbans. **Eur J Oper Res**, v.166, n.1, p.310-36, 2005.

MIRANDA, W.G.; LEITE, V.C. Análise da viabilidade de implantação de conceitos de manufatura enxuta na logística de abastecimento interno de uma empresa encarroçadora de ônibus. **Tékhne e Lógos**, Botucatu, São Paulo, v.2, n.1, out. 2010.

MOURA, R.A. **Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais**. São Paulo: IMAM, 2005.

NEUENFELDT JÚNIOR, A.L.; KUBOTA, F.I. Implantação do sistema enxuto de movimentação e armazenagem de materiais para uma empresa montadora de veículos coletivos. VIII SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. In: **Anais...** Resente, Rio de Janeiro, 2011.

PICCHI, A.F. **Léxico Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

RAHMAN, M.A.A.; SARKER, B.R. Supply chain models for an assembly system with preprocessing of raw materials. **European Journal of Operational Research**, v.181, p.733-52, 2007.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. In: BEUREN, Ilse Maria (org). **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008. p.76-97.

RICHARDSON, R.J. **Pesquisa Social**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

RIGATTO, C.E.; VILLANOVA, R.G. Experiência de implantação de conceitos lean manufacturing em um almoxarifado fabril. XXVI ENEGEP. In: **Anais...** Fortaleza/CE, 9 a 11 de Outubro de 2006.

RITZMAN, L.P.; KRAJEWSKI, L.J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

RODRIGUES, N.V.G. **Mizusumashi na Optimização da Logística Interna da Indústria Automóvel**. 2011. 116f. Relatório de Projeto (Mestre em Engenharia e Gestão Industrial), Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

ROESCH, S.M.A. **Projeto de Estágio e de Pesquisa em Administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ROTHER, M.; HARRIS, H. **Criando fluxo contínuo**: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SELIM, H.M.; ASKIN, R.G.; VAKHARIA, A.J. Cell formation in group technology: review, evaluation and directions for future research.

Computers & Industrial Engineering, New York, v.34, n.1, p.3-20, 1998.

SILVA, A.L.; GANGA, G.M.D. **A importância da logística num ambiente de lean production**. 2004. Disponível em: <http://www.hominniss.com.br/sites/default/files/teses_artigos/A_importancia_da_logistica.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TAKAHASHI, M.K.; HIROTANI, D. Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and Kanban in complex supply chains. **Int. J. Production Economics**, n.93-94, p.25-40, 2005.

TAKTTIME. **Supermercados de produção**. Disponível em: <<http://takttime.net/artigos-lean-manufacturing/jit-lean-manufacturing/supermercados-de-producao/>>. Acesso em: 25 set. 2013.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

VIANA, J.J. **Administração de materiais: um enfoque prático**. São Paulo: Atlas, 2000.

WALLACE, T.F.; STAHL, R.A. **Planejamento moderno da produção**. São Paulo: IMAM, 2003.

WALTER, O.M.F.C. **Aplicação do Lean SCM na Logística Interna**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – PPGEp, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Disponível em: <http://www.ldl.ufsc.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=14&Itemid=14>. Acesso em: 25 abr. 2013.

WALTER, O.M.F.C.; ZVIRTES, L. Implantação da produção enxuta em uma empresa de compressores de ar. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. In: **Anais...** Rio de Janeiro, 13 a 16 de outubro de 2008.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas:** elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 3.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J.P. *et al.* **Criando o sistema puxado nivelado:** um guia para aperfeiçoamento de sistemas *lean* de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2004.